This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1898

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1898

PREMIER VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

—

1898

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le ***Bulletin.***

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JANVIER 1898

N° 1.

Sommaire des séances du mois de janvier 1898 :

1° *Installation des Membres du Bureau et du Comité. — Discours de MM. G. Dumont, vice-Président, suppléant M. E. Lippmann, Président sortant, et de M. A. Loreau, Président pour l'année 1898* (Séance du 7 janvier), pages 9 et 27;

2° *Décès* de MM. H. Bécot, J. Bonnet, L. Lechner, P.-W. Schild, Ch. Thouin, L. Martin, E. Dollot, comte Anatole Lemercier (Séance des 7 et 21 janvier), pages 38 et 43;

3° *Décorations* (Séances des 7 et 21 janvier, pages 39 et 43;

4° *Nominations :*

De MM. E. Cacheux, H.-G. Couriot, J. Fleury, E. Pontzen, comme membres du Comité des Travaux publics des Colonies pour deux ans (Séance du 7 janvier), page 39;

De M. E. Horn, comme membre de la Commission hongroise de l'Exposition Universelle de 1900 (Séance du 21 janvier), page 43;

5° *Diplôme de Grand Prix, obtenu par M. Menier à l'Exposition de Bruxelles* (Séance du 7 janvier), page 39;

6° *Prix Daniel Dollfus, décerné à M. J. Garçon, par la Société Industrielle de Mulhouse* (Séance du 7 janvier), page 39;

7° *Prix de l'Académie des Sciences, décerné à M. Ch. Frémont* (Séance du 7 janvier), page 39;

163397

8° *Télégrammes échangés par la Société avec les Ingénieurs Civils russes* (Séance du 7 janvier), page 39;

9° *Congrès des Sociétés Savantes, du 12 au 16 avril 1898* (Séance du 7 janvier), page 40;

10° *Congrès international de navigation, à Bruxelles, en 1898.* Délégués de la Société (Séance du 7 janvier), page 40;

11° *Don volontaire de 50 f, fait à la Société par M. V. Thirion* (Séance du 7 janvier), page 40;

12° *Automobiles. — Poids lourds.* Lettre de M. F. Honoré (Séance du 7 janvier), page 40;

13° *Société Philomathique de Bordeaux* (Présentation à la Société de la publication de la), par M. A. Brûll (Séance du 7 janvier), page 40;

14° *Lettre de M. A.-J. Boyer* (Séance du 21 janvier), page 43;

15° *Congrès d'hygiène et de démographie, à Madrid en 1898.* Délégués, voir le *Bulletin* de décembre (Séance du 21 janvier), page 43;

16° *Cinquantenaire de la Société* (Séance du 21 janvier), page 44;

17° *Chaudières multitubulaires marines* (Sur quelques résultats d'essais de), par M. E. Duchesne et observations de MM. L. de Chasseloup-Laubat et Bertin, directeur du Bureau Technique au Ministère de la Marine (Séance du 21 janvier), page 44;

18° *Chaudières à émulsion de vapeur* (Sur les), par M. M. Jouffret (Séance du 21 janvier), page 52;

Mémoires contenus dans le bulletin de Janvier 1898 :

19° *Quelques résultats d'essais de chaudières militaires marines*, par M. E. Duchesne, page 51;

20° *Note sur les modifications à apporter aux coques des navires pour limiter les conséquences des naufrages et des collisions*, par M. A. Lévèque, page 70;

21° *Note sur les chaudières à émulsion de vapeur*, par M. M. Jouffret, page 79;

22° *Discours prononcé aux obsèques de M. L. Martin*, par M. Ed. Lippmann, page 109;

23° *Chronique* n° 217 par M. A. Mallet, page 112;

24° *Comptes rendus*, — page 122;

25° *Bibliographie*, — page 133;

26° *Liste des publications périodiques reçues par la Société, au 1er janvier 1898*, p. 139.

Pendant le mois de janvier 1898, la Société a reçu :

37047 — De M. A. Brûll (M. de la S.). *Statistical Supplement of the Engineering and Mining Journal. The Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trade, in the United States and other Countries from the Earliest Times to the end of 1892. Vol. I. Edited by Richard P. Rothwell* (grand in-8° de XXIII-628 p.). New-York, The Scientific Publishing Company, 1893.

37048 à 37068 — De l'Institution of Naval Architects. *Transactions of the Institution of Naval Architects. Vol. XVIII to XXXVIII. Years 1877-1897.* London. W. C., Henry Sotheran and C°.

37069 à 37102 — De M. L. Périssé (M. de la S). *34 brochures et volumes traitant de sujets divers.*

37103 — *France au 1/10.000.000 en 8 couleurs : Carte publiée sous les auspices du Ministère du Commerce et de l'Industrie par ordre de M. Delpeuch, sous-secrétaire d'État des Postes et Télégraphes, par Maxime Mabyre, géographe* (4 feuilles pliées format 180×120). Paris, chez l'auteur.

37104 — De M. A. Raddi. *Le Bonifiche italiane, per A. Raddi* (Extratto dall « Polytechnicus ») (in-12 de 20 p.). Napoli, Velardi e C. 1897.

37105 — De M. F. Kreuter. *Entwurf für den Bau der Tunnelstrecke der Jungfräubahn, von Franz Kreuter* (Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Neue Folge. XXXIV Band. 9 Heft 1897.) (in-4° de 9 p. avec 1 pl.).

37106 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Électro-chimie. Production électrolytique des composés chimiques, par Ad. Minet* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (petit in-8° de 167 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils. G. Masson, 1897.

37107 — De M. H. de Blonay (M. de la S.). *Méthode nouvelle d'exploitation forestière, par H. de Blonay. Note lue à l'Assemblée générale de la Société vaudoise des sciences naturelles tenue à Vevey, le 10 juin 1897.* (Bulletin de la Société Vaudoise des sciences naturelles, XXXIII, 125.)

37108 — De M. E. Candlot (M. de la S.). *Ciments et chaux hydrauliques. Fabrication. Propriétés. Emploi, par E. Candlot* (grand in-8° de VI-455 p., 94 fig., XXIV tabl. et 19 graphiques). Paris, Baudry et C^ie^, 1898.

37109 — De M. J. de Rey-Pailhade. *L'extension du système décimal aux mesures du temps et des angles. Théorie. Applications scientifiques et industrielles, par J. de Rey-Pailhade* (in-8° de 44 p. avec 1 pl.). Paris, Gauthier-Villars et fils. Toulouse, Gimet-Pisseau, 1897.

37110 — De MM. E. Bernard et C^ie^, éditeurs. *Cours de mécanique appliquée aux machines, professé à l'École spéciale du Génie civil de Gand, par J. Boulvin. 6^e^ fascicule. Locomotives et machines marines* (grand in-8° de 352 p. avec 6 pl. et 293 fig.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1898.

37111 — De M. Benj. W. Wells. *Annual Report of the Street Department of the City of Boston 1896* (in-8° de 490 p. avec 18 illustrations). Boston, Municipal Printing Office, 1897.

37112 — De la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. *Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Bruxelles. Rapport annuel 1896-1897.* Bruxelles, Ernest Blondiau.

37113 — De M. L.-L. Vauthier (M. de la S.). *Amélioration des passes de la basse Seine. Note sur l'aménagement de l'estuaire, par L.-L. Vauthier. Juillet 1897* (in-4° de 27 p. avec 5 annexes). Beaugency, J. Laffray, 1897.

37114 — De M. le baron René de Batz (M. de la S.). *Les gisements aurifères de Sibérie. Notes sur leur condition actuelle et leur avenir, par le baron René de Batz* (grand in-8° de XIX-176 p. avec 12 photogravures, 7 planches hors texte et 1 carte minière de la Sibérie). Paris, Chamerot et Renouard, 1898.

37115 — De M. L. Weissenbruch. *Office international de bibliographie. Publication n° 17. La classification bibliographique décimale et son application à la science des chemins de fer, par L. Weissenbruch* (Extrait du Bulletin du Congrès des chemins de fer d'octobre 1897) (in-4° de 63 p.). Bruxelles, P. Weissenbruch. Institut international de Bibliographie, 1897.

37116 et 37117 — Du Ministère du Commerce et de l'Industrie. *Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. Tome quatre-vingt-neuvième, 1re et 2e parties* (nouvelle série). Année 1893. Paris, Imp. Nat., 1897.

37118 à 37133 — De Institouta Injéniérove Poutei Soobstchéniya Aleksandra I. *Sbornike Institouta Injéniérove Poutei Soobstchéniya Aleksandra I. Tomes XXV à XXXVII* (13 volumes grand in-8°, 1 atlas même format et 2 atlas grand in-4°). Années 1894 à 1897. Saint-Pétersbourg.

37134 — De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXXX. 1896-97. Part. IV.* London. 1897.

37135 — Dito. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Brief Subject Index. Vol. CXIX to CXXX. Sessions 1894-95 to 1896-97.* London, 1897.

37136 — De M. A. de Richard. *Monographie du pétrole de la Roumanie (Extrait des manuscrits), par A. de Richard* (grand in-8° de 32 p.). Bucarest, 1897.

37137 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Cours de mécanique appliquée aux machines, professé à l'École spéciale du Génie Civil de Gand, par J. Boulvin. 7e fascicule (2e édition). Machines servant à déplacer les fluides* (grand in-8° de 231 p. avec 239 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1897.

37138 — *Annuaire d'adresses des fonctionnaires du Ministère des Travaux publics, des Chemins de fer, de la Navigation, des Mines, de l'Industrie et des Banques, par J. Hérault, 1898.* Paris.

37139 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Petite Encyclopédie pratique de chimie industrielle publiée sous la direction de F. Billon. Histoire de l'industrie chimique (1er volume de la collection)* (in-18 de 160 p.).

37140 — *Le Sel (2e volume de la collection)* (in-18 de 160 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1898.

37141 à 37145 — De l'Association des Chimistes de sucrerie et de distillerie. *Deuxième Congrès international de chimie appliquée, organisé sous le patronage du Gouvernement Français par l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des Colonies (M. L. Lindet, Président) et réuni à Paris du 27 juillet au 5 août 1896 sous la présidence de M. Berthelot. Comptes rendus par François Dupont. Tomes I à V* (5 volumes grand in-8°). Paris, Siège de l'Association, 1897.

37146 — De l'Observatorio do Rio de Janeiro. *Annuario publicado pelo Observatorio do Rio de Janeiro para o anno de 1897*. Rio de Janeiro, H. Lombaerts, 1896.

37147 — De l'École spéciale d'architecture. *École spéciale d'architecture. Année 1897-1898. Séance d'ouverture du 10 novembre 1897. Présidence de M. le Prince d'Arenberg*. Paris, 136, boulevard du Montparnasse.

37148 — De M. A. de Richard. *Richesses minérales de la Roumanie. Pétrole, Eaux minérales, etc. Nouvelle édition par A. de Richard* (grand in-8° de 422 p. avec 1 tableau et 4 pl.). Bucarest, F. Göbl fils, 1897.

37149 — De M. Svilokossitch (M. de la S.). *Vocabulaire technique français, anglais, allemand, par M. Svilokossitch* (in-16 de 128 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1898.

37150 et 37151 — De la Biblioteca de la Secretaria de Fomento de la República Mexicana. *República Mexicana. Secretaria de Estado y del Despacho de Hacienda y Credito publico. Estadistica fiscal. Importacion. Años fiscales de 1893-94 y 1892-93. Noticias formadas bajo la Direccion de Javier Stavoli, Jefe de la Seccion 7ª. Tomo I y II*, (2 volumes in-4° ensemble de 1 512 p.). Mexico, Tipografia de la Oficina impresora del Timbre, 1897.

37152 — De la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. *Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Bruxelles. Liste des Membres. Exercice 1897-1898*. Bruxelles, Ernest Blondiau.

37153 — De M. Ed. Badois (M. de la S.). *L'assainissement comparé de Paris et des grandes villes de l'Europe: Berlin, Amsterdam, La Haye, Bruxelles, Londres. Tout à l'égout. Canalisation séparée. Épandage. Traitement chimique. Filtration, par Edmond Badois et Albert Bieber* (Publications de la Chambre syndicale des propriétés immobilières de la Ville de Paris, 18, avenue de l'Opéra). Paris, Baudry et Cie, 1898.

37154 — De l'American Society of Mechanical Engineers. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. Vol. XVIII, 1896-1897*. New-York City, 1897.

37155 — *Annuaire des Journaux, Revues et Publications périodiques parues à Paris jusqu'en novembre 1897. Publié par Henri Le Soudier* (18e année). Paris, H. Le Soudier, 1898.

37156 — *Almanach Hachette. Petite Encyclopédie populaire de la vie pratique, 1898.* Paris, Hachette et Cie, 1898.

37157 — De M. E. Roels. *Boers et Anglais. Autour des mines d'or du Transvaal, par Edgar Roels* (grand in-8° de 80 p.). Paris, A. Hennuyer, 1897.

37158 — De M. B.-H. Brough. *The Mining and Metallurgical Industries of Sweden, as shown at the Stockholm Exhibition, by Bennett H. Brough* (Reprinted from the « Journal of the Society of Arts » December, 10, 1897) (grand in-8° de 18 p.). London, William Trounce, 1897.

37159 — *Annuaire de l'Industrie française et du commerce d'exportation pour faciliter les rapports entre acheteurs et producteurs et favoriser le développement de l'exportation française. Année 1897.* Paris.

37160 — De M. F. Meyer-Van Loo. *Recueil des travaux techniques des officiers du génie de l'armée belge. I, 1897* (grand in-8° de 266 p., avec 13 pl.). Ixelles. S. Eggerick.

37161 — De M. P. Lecler (M. de la S.), *Société d'agriculture et de viticulture de l'arrondissement de Châtellerault. Compte rendu du concours des 17, 18, 19 septembre 1897, IVe Partie. Concours de pressoirs continus, par P. Lecler* (Extrait du Bulletin de la Société) (in-8°, pages 17 à 47). Châtellerault, H. Rivière, 1897.

37162 et 37163 — De l'United States Geological Survey. *Seventeenth Annual Report of the United States Geological Survey of the Secretary of the Interior 1895-96. Part I and II.* Washington, Government Printing office, 1896.

37164 à 37169 — De MM. de Perrodil et Cahen-Strauss (M. de la S.). *Bulletin officiel de la Société technique de l'acétylène et des industries qui s'y rattachent. Bulletin des mois d'avril 1897 à novembre 1897*, format in-8°. Paris, Hôtel de la Société des Ingénieurs Civils de France.

37170 — De l'Associação des Engenheiros Civils Portuguezes. *Tables pour calculer les flèches des poutres droites métalliques, par Augusto Pinto de Miranda Montenegro* (in-8° de 47 p.). Lisboa, Imprensa nacional, 1897.

37171 — De M. J.-B. Berlier (M. de la S.). *Tunnel intercontinental sous-marin du détroit de Gibraltar. Avant-projet dressé par J.-B. Berlier* (in-4° de 8 p., avec 3 pl.). Paris, A. Gentil, 1897.

37172 — De l'Association Internationale pour l'essai des Matériaux. *Procès-verbal du Congrès de Stockholm, les 23, 24 et 25 août 1897* (in-4° de 38 p.). Stuttgart, Stähle et Friedel.

37173 à 37200 — *Documents sur l'Exposition internationale de Bruxelles 1897* (28 volumes, brochures et plans).

37201 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *L'art de faire le vin, par J.-A. Chaptal* (in-8° de 382 p., avec 1 pl.). Paris, Deterville, 1807.

37202 — De M. Bernard Tignol, éditeur. *Dictionnaire de chimie industrielle contenant les applications de la chimie à l'industrie, à la métallurgie, à l'agriculture, à la pharmacie, à la pyrotechnie et aux arts et métiers, par MM. A.-M. Villon et P. Guichard. Fascicule 17. Tome II. Feuilles 38 à 45.* Paris, Bernard Tignol.

37203 — De M. Joseph Martin. *Chemins de fer secondaires. Étude comparative entre la voie normale et la voie de 1 mètre, par Joseph Martin* (Extrait de la Revue technique) (grand in-8° de 106 p., avec 10 pl.). Paris, Bernard et Cie, 1897.

37204 — De M. Pouillet. *Paris 1897. Troisième Congrès annuel de la propriété bâtie de France, les 31 mai, 1er, 2 et 3 juin, organisé par la Chambre syndicale des Propriétés immobilières de la ville de Paris, sous le patronage de l'Union des Chambres syndicales des Propriétés bâties de France, et sous la présidence de M. Pouillet* (in-8° de 802 p.). Paris, Imp. Guérin, Derenne et Cie, 1897.

37205 — De M. B. Trinchera. *Riposta alle osservazioni fatte dal Prof. Ing. L. Lamino al Nuovo sistema Trinchera per la costruzione delle opere a mare, per Ing. B Trinchera e suo figlio Eugenio* (grand in-8° de 34 p., avec 1 pl.). Napoli, F. di Gennaro e A. Morane, 1898.

37206 — De M. E. A. Ziffer (M. de la S.). *Union internationale permanente de tramways. Excursion à Bruxelles, Ostende et Blankenberghe, 16, 17 et 18 septembre 1897. Communication de M. E. A. Ziffer* (in-4° de 15 p.). Bruxelles, Tr. Rein.

37207 — De MM. P. Vicq-Dunod et Cie, éditeurs (M. de la S.). *Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics. Hydraulique agricole par Paul Levy Salvador. Troisième partie. Des Irrigations* (in-16 de 668 p., avec 492 fig.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1897.

37208 — Du Ministère de l'Instruction Publique et des Beaux-Arts. *Congrès des Sociétés savantes. Discours prononcés à la séance générale du Congrès, le samedi 24 avril 1897, par MM. Ernest Babelon et Alfred Rambaud* (grand in-8° de 38 p.). Paris, Imp. Nationale, 1897.

37209 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Thermodynamique des systèmes homogènes par E. Ariès* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (petit in-8° de 173 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils. G. Masson, 1898.

37010 à 37011 — De M. Louis Turgan (M. de la S.). *Les Grandes Usines. Études industrielles en France et à l'étranger, sous la direction de M. Louis Turgan. Revue mensuelle. Nouvelle série, n° 1, novembre 1897, n° 2, décembre 1897.*

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de Janvier 1898, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

L. Abraou,	présenté par MM.	Mamy, Périssé, Simon.
E. Avril de Gastel,	—	Molinos, de Bovet, Boileau.
Ch.-A. Barth,	—	Gambaro, Flaman, Salomon.
L. Berton,	—	Béliard, Fraix, Jullin.
M. Blondel,	—	Jannettaz, Goldberg, Marboutin.
F.-A. Bonnefond,	—	Bouvier, Demolon, Tissot.
I. Fernandez,	—	Chevalier, Collin, de Dax.
E. Foucart,	—	Lippmann, Brulé, Fremont.
P. Garnier,	—	Lippmann, de Chasseloup-Laubat, Garnier.
A. Gauchet,	—	Lippmann, Imbert, Jolibois.
A. Gauthier,	—	Cacheux, Pérard, Lippmann.
R. Godfernaux,	—	Godfernaux, Level, Sartiaux.
J.-C. Laffargue,	—	Hospitalier, de Nansouty, Sartiaux.
A. Lecomte,	—	Bert, Lavezzari, Parrot.
W. Pastakof,	—	Lippmann, Belelubsky, de Dax.
J. Robert,	—	Bartissol, Elwell, Seyrig.
Ch. Simonot,	—	Lippmann, Dumont, Langlois.
F. Urbain,	—	Flaman, Gambaro, Salomon.

Comme membres associés, MM. :

V. Boissart,	présenté par MM.	Jullin, Rancelant, Roulleau.
Ch.-P.-E. Durier,	—	Dumont, Baignères, Jousselin.
J. Grégoire,	—	Bouchon, Jean, Ludt.
V.-A. Thirion,	—	Brulé, de Dax, Fremont.

RÉSUME

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1898

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 JANVIER 1898

PRÉSIDENCE DE M. G. DUMONT, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. G. DUMONT, Vice-Président, en l'absence de M. Ed. Lippmann, Président sortant, que vient de frapper un deuil de famille, prononce le discours suivant :

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

M. Lippmann, frappé d'un deuil subit, ne peut présider à l'ouverture de notre séance.

A l'immense chagrin que lui cause la mort d'une mère pour laquelle il avait une profonde affection vient se joindre la vive contrariété de ne pouvoir transmettre lui-même le fauteuil de la Présidence à l'homme éminent que, par l'unanimité de vos suffrages, vous avez mis à la tête de notre Société.

Telle est la raison pour laquelle j'ai l'honneur de suppléer, ce soir, M. Lippmann.

Arrivé à l'expiration de son mandat, il voulait vous remercier tout d'abord d'avoir facilité la lourde tâche qui incombe au Président de la Société des Ingénieurs Civils de France.

A lui seul, il appartenait de vous témoigner sa vive reconnaissance pour les marques de sympathie et les encouragements que nombre d'entre vous se sont plu à lui prodiguer, pour le zèle avec lequel vous avez travaillé à augmenter le nombre de nos adhérents, pour l'empressement enfin que vous avez mis à apporter à notre Société le résultat de vos travaux, dans des communications savantes et attrayantes.

Ces remerciements, je vous les transmets fidèlement.

Mais, reprenant maintenant, pour un instant, mon rôle de Vice-Président, vous me saurez gré, j'en suis certain, d'exprimer ici la vive reconnaissance de la Société tout entière et de l'ancien Bureau et du Comité au Président dévoué qui n'a cessé un seul instant de s'occuper de nos intérêts pendant le cours de cette année si laborieuse.

Les sentiments de sympathie qui accompagneront ainsi M. Lippmann à la fin de sa présidence, viendront, nous l'espérons, adoucir un peu la profonde amertume que lui cause la perte d'un parent tendrement aimé. *(Approbation.)*

Suivant l'usage, il appartient au Président sortant de passer rapidement en revue les sujets traités devant vous, ainsi que les principaux travaux accomplis dans le cours de l'année écoulée.

Mais son premier devoir est d'adresser un souvenir respectueux aux Collègues que nous avons eu la douleur de perdre cette année.

Au moment de leur dire un dernier et suprême adieu, notre pensée se reporte tout d'abord à la terrible catastrophe qui a plongé Paris dans le deuil et l'affliction pendant de longues semaines et qui a fait courir à travers la France et le monde entier un immense frémissement d'horreur et de pitié.

Dans la séance du 7 mai, notre Président a appelé votre commisération sur deux de nos bien malheureux Collègues qui ont été atteints par ce cruel désastre dans leurs plus tendres affections. Il vous a fait part de la mort tragique de son cher ami Albert Masure qui périt victime de son grand cœur et de son abnégation.

Masure était ancien élève de l'École Centrale des Arts et Manufactures. Il s'était fait un nom dans l'industrie du papier; il était Membre de la Chambre de Commerce d'Épinal et propriétaire d'une importante manufacture de papiers dans les Vosges.

Dans la séance précédente, le 23 avril, nous avions eu la douloureuse mission de vous faire part du décès de l'un de nos plus sympathiques et plus distingués Membres de notre Comité.

E. Levassor dont la fin prématurée a laissé un bien grand vide dans nos rangs, faisait partie de notre Société depuis 1867. Il siégeait au Comité depuis l'an dernier. Ancien élève de l'Ecole Centrale, Chevalier de la Légion d'honneur, il avait acquis une grande réputation dans l'art des constructions mécaniques et tenait le premier rang dans la grande et nouvelle industrie de l'automobilisme.

En l'absence de notre Président, j'ai eu le douloureux devoir d'accompagner Levassor à sa dernière demeure et de rappeler sa brillante carrière en quelques paroles qui ont été reproduites dans notre bulletin de mai.

Ensuite, le 23 juin, nous avons rendu les devoirs suprêmes à une autre grande personnalité de notre Société, à Henry Remaury, dont, le même soir, notre Président retraçait, devant vous, en séance, la vie si animée et si remplie. Il faisait partie de notre grande famille depuis 1857, il était Chevalier de la Légion d'honneur, ancien élève de l'École des Mines et jouissait d'une réputation méritée dans la Métallurgie. Lauréat de la Société en 1890, il avait fait partie de notre Comité en 1894 et 1895.

Puis ce fut notre bien éminent et regretté ancien Président, Ch. de Comberousse que nous avons eu le chagrin d'accompagner à sa dernière demeure le 21 août. Votre Président lui a adressé, à notre séance de rentrée, le 1er octobre, un suprême adieu, ce qu'il n'avait pu faire au moment où la tombe se refermait sur lui, afin de se conformer à un désir des siens. Ch. de Comberousse, ancien Élève de l'École Centrale, Chevalier de la Légion d'honneur, s'était voué à l'enseignement; il était professeur à l'École Centrale et au Conservatoire des Arts et Métiers. Il avait été membre de notre Comité en 1880-1881-1882, Vice-Président en 1883 et 1884 et Président en 1885.

Nous avons encore à comprendre dans notre triste énumération, trente-cinq Collègues dont nous tenons à honorer la mémoire, en nous rappelant leurs noms et leurs titres dans l'ordre fatal dans lequel ils ont été arrachés à l'affection des leurs, à l'estime des membres de notre Société.

M. M. Franck, Directeur des Salines de Dax et de Sainte-Valdrée.

M. J. Aylmer, Ingénieur-Électricien.

M. J. Arsac, ancien élève des Arts et Métiers, Directeur des Forges de Douai.

M. P.-E. Simons, manufacturier céramiste.

M. A. Camoin, ancien élève des Arts et Métiers, Ingénieur de la Société de constructions des Batignolles.

M. A.-L.-P. Biarez, ancien élève de l'École Centrale, Ingénieur en chef du service central de la Compagnie des chemins de fer du Nord de l'Espagne.

M. F.-H.-E. Collignon, ancien élève des Arts et Métiers, ancien Directeur des ateliers Cail, Inspecteur général de l'Enseignement technique supérieur, Maire de Saint-Lambert.

M. R.-A. Prouteaux, ancien élève de l'École Centrale, sous-gérant de l'entreprise de la manufacture d'armes de Châtellerault.

M. E. de Gispert-Yangüas, ancien élève de l'École Centrale, correspondant de la Société à Barcelone, Directeur de plusieurs travaux techniques et industriels, a été Ingénieur de la construction du chemin de fer de Barcelone à Martorell, concessionnaire du chemin de fer de ceinture de Barcelone, du réseau de l'île de Mayorque.

M. V. Lemaire, ancien élève des Arts et Métiers, Ingénieur-Constructeur à Epernay.

M. L.-L. Vauvillier, ancien directeur de chemin de fer.

M. L.-E. Mayer, ancien élève de l'École Centrale, a été Ingénieur en chef du bureau des services techniques au chemin de fer P.-L.-M.

M. G.-A.-M. Poisat, ancien élève de l'École Centrale, s'était spécialisé dans les recherches de l'industrie des pétroles.

M. L.-E. Prothais, ancien élève des Arts et Métiers, Ingénieur-Entrepreneur de travaux publics en Algérie.

M. A.-M.-E. Urban, l'un des membres de la grande famille belge si dévouée à notre Société, était ancien officier d'artillerie, Ingénieur, chef de service au Grand Central Belge.

M. F.-S.-L. Ulens, Ingénieur Civil à Bruxelles.

M. Ch. Chuwab avait été Ingénieur au Creusot, à Terrenoire, Bes-

sèges et Decazeville, était Conseil en constructions industrielles et mécaniques.

M. Ad. Collet, constructeur des générateurs inexplosibles, qui s'est fait un nom dans cette industrie spéciale.

M. G. Delaporte, Ingénieur spécialiste pour l'éclairage au gaz, à l'électricité et pour l'optique.

M. Ch. Horstmann, ancien élève des Arts et Métiers, Ingénieur Civil, a été Directeur de filatures, de tissages et de blanchisseries.

M. A. Lévi-Alvarès, ancien élève de l'École Centrale, Ingénieur-Conseil des Chemins de fer de Madrid à Saragosse et Alicante, bien sympathique à tous ceux qui l'ont connu.

M. F. Paponot a été chef de section puis entrepreneur au Canal de Suez.

M. H. Pompon, ancien élève de l'Ecole Centrale, Ingénieur chef de la construction de la Compagnie des Chemins de fer de l'Anjou.

M. A. Houlbrat, ancien élève de l'École Centrale, avait été attaché au Chemin de fer du Midi, puis Ingénieur à la Société des Chemins de fer Russes, était expert près les tribunaux de la Seine; sa droiture et son caractère aimable et conciliant lui avaient acquis l'estime de tous ceux qui, à un titre quelconque, avaient été appelés à être en rapport avec lui.

M. P.-F. Arbey, ancien élève de l'École Centrale, Ingénieur à la Sucrerie et Raffinerie d'El Hawandieh (Égypte). Une brillante carrière s'ouvrait pour ce sympathique Collègue, enlevé à l'affection des siens et de ses nombreux amis en pleine maturité de savoir et d'expérience.

M. L.-F. Dumont; ancien élève de l'École des Arts et Métiers, Ingénieur-Constructeur, fondateur de la maison L. Dumont, si connue par sa spécialité de pompes centrifuges.

M. J.-E. Lowe, Ingénieur-Constructeur de Chemins de fer en Angleterre.

M. Ch.-J. Reynaud, ancien Constructeur de navires et machines.

M. P. Rossigneux, ancien élève de l'École des Mines, a été Ingénieur à la Compagnie des Houillères de Saint-Etienne, Directeur des Usines de la Compagnie d'Anzin, Ingénieur principal des Mines de Dourges, était Secrétaire général de la Compagnie de Porman.

M. Émile Durand, ancien élève de l'École Centrale, ancien Directeur de la Compagnie des Mines de Diamant du Cap, était Ingénieur de la Compagnie générale des Mines d'or.

M. A. Goldenberg, ancien député de Saverne au Reichstag, était manufacturier à Ermont, Seine-et-Oise.

M. A. Levêque, ancien Ingénieur de la Société John Cockerill, était Ingénieur-Constructeur à Herstal, Belgique.

M. F. Mollet-Fontaine, ancien élève de l'École Centrale, chef de la maison de Constructions mécaniques bien connue à la Madeleine-lez-Lille.

M. J.-F. Lafargue, ancien élève de l'École Polytechnique, ancien officier d'artillerie, a été Directeur de papeteries; était Administrateur-Délégué de la Société d'Éclairage électrique.

M. G.-A. Coste, ancien élève de l'École Centrale, Ingénieur en chef

adjoint à la Direction de la Compagnie des Chemins de fer Départementaux et arbitre-expert près le Tribunal de Commerce de la Seine.

M. A.-A.-A. Hovine, ancien élève de l'Ecole Centrale, Ingénieur des Chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.

Nous déplorons profondément la longueur de cette douloureuse liste : et nous réunissons tous ces regrettés Confrères dans un dernier témoignage d'estime et de bien sympathique souvenir

Souhaitons maintenant la bienvenue à nos nouveaux Membres qui, notre estimable Trésorier nous l'a dit, sont, pour cette année, au nombre respectable de 395 : en en déduisant ceux qui nous ont quittés, notre contingent dépasse de 330 le nombre de l'exercice précédent; c'est, croyons-nous, 33 0/0 d'excédent sur le recrutement dans l'année la plus favorisée depuis la fondation de la Société. Nous devons nous en réjouir, car cela nous donne la preuve la plus convaincante du crédit et de la renommée toujours croissante de notre grande et belle institution qui, à la date du 30 novembre dernier, comptait 3 054 Membres effectifs; c'est donc pendant cet heureux exercice que nous avons dépassé le nombre de 3 000 qui avait été longtemps considéré comme fatidique et qui, franchi maintenant, devra croître d'une façon rapide et continue.

Situation financière.

Aussi, comme vous l'a dit notre excellent Trésorier, et comme M. Lippmann en est certain, nous devons envisager l'avenir avec la plus grande tranquillité et la plus entière confiance : l'essor du recrutement ne s'arrêtera pas; les salons que nous mettons à la disposition du public, et particulièrement nos grandes salles du rez-de-chaussée, sont de plus en plus recherchés, et, de plus en plus aussi, nous croyons bien que les évaluations budgétaires que nous avons faites ont été établies avec une réserve, une prudence qui ne peuvent que nous ménager d'agréables surprises. Nos dernières dettes pour la construction de l'hôtel vont être promptement éteintes, et sans embarras sensibles. Quand, en 1902, nous commencerons l'amortissement de notre emprunt, même sans augmentation de nos revenus actuels et sans la réalisation de legs importants dont l'heure de la liquidation approche, nous aurons de quoi faire face, et au delà, au paiement des coupons et à tous nos frais d'exploitation. Nous devons donc considérer comme acquis les présages de notre Président qui, le 18 juin dernier, nous disait : l'amortissement de notre emprunt n'exigera pas les délais prévus; dans une quinzaine d'années, la Société sera propriétaire de son hôtel dégrevé de toutes charges, et jouira d'un revenu brut de plus de 200 000 *f.*

Dons.

En attendant, avant de quitter ce chapitre, nous tenons à renouveler ici les remerciements adressés par notre Trésorier aux onze généreux donateurs dont il a donné déjà les noms et qui nous témoignent ainsi d'une façon touchante tout l'intérêt qu'ils portent à la prospérité de notre Association.

Décorations françaises.

Cette prospérité, dont nous parlons depuis quelques minutes, n'est pas uniquement matérielle; des distinctions de diverses natures ont été accordées à un très grand nombre de nos Collègues.

Dans la *Légion d'honneur*, votre Président a eu le grand plaisir de vous annoncer :

Au grade d'*officier*, deux de nos anciens Présidents, M. Louis Martin, que votre Président vient d'avoir la douleur de conduire, il y a quatre jours, à sa dernière demeure, en adressant à son souvenir un douloureux adieu de votre part;

Et M. Léon Molinos, l'honorable prédécesseur de M. Édouard Lippmann, à la nomination duquel nous avons tous applaudi;

Au grade de *chevalier :* le brillant successeur et ami de M. Lippmann, M. A. Loreau, dont il vous apprenait le même soir la nomination à la régence de la Banque de France;

Puis MM. P. de Boischevalier, Cl. Keromnès, J. Morandière, E. Hézard, J.-B. Lefèvre, H. Haguet, F. Ladret, A. Le Page, L. Litchfousse, G. Richou et A. Villemer.

A ces quatorze noms devraient venir s'ajouter les nouvelles nominations qui viennent de paraître à l'*Officiel* et qui comprennent trois officiers et seize chevaliers de la Légion d'honneur, auxquels nous ne voulons qu'adresser ici collectivement nos bien vives félicitations, en laissant à notre nouveau Président la grande satisfaction de faire la proclamation de leurs noms à l'ouverture de sa première séance.

Malgré cette belle récolte, nous ne pouvons nous empêcher de remarquer quelques lacunes qu'il reste à combler; mais patience, mes chers Collègues, M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie nous a fait la promesse de saisir les plus prochaines occasions de nous témoigner encore, dans ce sens, tout le vif intérêt qu'il porte bien cordialement à notre utile corporation.

Officiers de l'Instruction publique. — Les palmes d'officiers de l'Instruction publique ont été décernées à dix Collègues : MM. M. Castelnau, A. Charliat, A. Cordeau, P. Forsans, H. Mamy, G. Duparc, A. de Dax, P.-H. Guérin, E.-V. Pierron, Ch. Somasco.

Officiers d'Académie. — Celles d'officiers d'Académie à vingt-six Collègues : MM. L. Eyrolles, G. Baignères, J.-B. Berlier, F. Brault, E. d'Esmenard, A.-R. Grosdidier, Ch. Jablin-Gonnet, G.-L. Pesce, A. Pourcheiroux, L. Rival, A. Cochelin, L. Sergent, H. Chevalier, L. Lemal, A. Neveu, J. Robin, A. Houlon, E. Carez, F.-L. Barbier, Ch. Frairrot, A. Rouart, J. Bouichou, L. Soux, G. Despret, L.-H. Féret.

Officiers du Mérite agricole. — La croix du Mérite agricole à MM. R. Berge, A. Moisant.

Décorations étrangères.

Auprès des gouvernements étrangers quatre de nos Collègues ont obtenu :

M. P. Boubée, le grade d'*officier de la couronne d'Italie;*

M. A. Cottrau, celui de *grand-officier de l'ordre d'Isabelle la Catholique;*
M. P. Grand-Pacha, celui de *grand-officier de l'ordre impérial de l'Osmanié;*
Et M. P. Guillemant, celui d'*officier du Nicham Iftikar.*

Prix et médailles.

Des prix ou médailles ont été distribués aux Collègues dont les noms suivent :

M. H. Vallot a eu la grande médaille d'argent du Prix Ch. Grad, décernée par la Société de Géographie;

M. Ch. Bunel a reçu une médaille d'or décernée par M. le ministre de l'Intérieur;

MM. L.-A.-A. Durant et A. Lencauchez, une médaille d'or décernée par la Société d'Encouragement;

M. Ch. Fremont a obtenu le prix annuel de la Société et le prix Trémont décerné par l'Académie des Sciences;

M. L. de Chasseloup-Laubat a obtenu le prix Nozo décerné par la Société en 1897;

M. G. Darrieus a obtenu un prix de 1 000 *f* de l'Académie des Sciences;

M. E. Cacheux le prix Montyon de l'Académie des Sciences;

M. J. Garçon a reçu le prix Daniel Dollfus, de la Société Industrielle de Mulhouse.

Nominations diverses.

Viennent ensuite les longues listes de Collègues qui ont été nommés dans diverses Commissions officielles, à des fonctions administratives, honorifiques, à des Comités consultatifs ou autres; la liste récapitulative en est ci-dessous (1).

(1) Ont été nommés : MM. L.-A. Liébaut, A. Parent, L. Appert, A. Poirrier, comme Membres du Conseil supérieur du Travail; M. L.-Ch. Frémont, comme Membre de la Commission d'essai des matériaux; — M. P. Boubée, comme Président, pour l'année 1897, du Collegio degl' ingegneri ed architetti di Napoli; — M. A. Cottrau, comme Membre du Conseil supérieur de l'Industrie et du Commerce du Royaume d'Italie; — M. A. de Madrid Davila, comme Président de la Société des Ingénieurs industriels de Barcelone; — MM. E. Marchand et J. Périchon, au grade de Bey; — M. Delaunay-Belleville, comme Président de la Chambre de Commerce, pour l'année 1897; — M. F. Delmas, comme Inspecteur régional de l'Enseignement industriel; — M. A. Loreau, comme Régent de la Banque de France; — MM. G. Dumont, S. Périssé, A. Pourcel, H. Remaury, comme Membres du Comité Technique du Touring-Club; — M. A. Cottrau, comme Président de la Commission chargée d'organiser le Concours officiel de l'Italie à l'Exposition universelle de 1900 à Paris; — M. J. Garnier, comme Membre d'honneur de la Société géologique de l'Afrique du Sud; — M. L. de Chasseloup-Laubat, comme Membre associé de l'Institution of Naval Architects; — Secrétaires et Membres des sous-comités départementaux de l'Exposition de 1900 (voir Séances des 15 et 22 janvier, 5 février, 5 mars, 21 mai, 4 et 18 juin); — M. H. Couriot, comme Membre du Comité des Travaux publics des Colonies; — MM. G. Berger, H.-C. Bouilhet, Delaunay-Belleville, P. Garnier, le colonel Laussedat, A. Rouart, G. de Rothschild, E. de Rothschild, A. Sacquin, A. Sommier, comme Membres de la Commission supérieure des Expositions rétrospectives des Beaux-Arts et des Arts décoratifs; — M. E. Lippmann, Président de la Société, comme Membre de la Commission technique chargée d'étudier les questions se rattachant à l'alimentation de Paris et de la

Pour la nomination des Membres des Comités des Expositions et pour les récompenses à l'Exposition de Bruxelles en 1897, voir les *Bulletins* de novembre (pages 543 et 545) et décembre (page 770).

Travaux de la Société.

A propos du résultat obtenu pour le recrutement de cette année, il a été dit que notre vogue, si nous pouvons nous exprimer ainsi, était due au relief que nous donnait la construction de notre hôtel, et aussi au dévouement d'un grand nombre de nos Collègues qui avaient répondu avec empressement à l'appel de leur Président; cela est vrai, certainement, et M. Lippmann saisit encore une fois l'occasion d'adresser ses chaleureux remerciements à tous les Membres de notre grande famille qui ont bien voulu s'évertuer à recueillir le plus grand nombre possible de nouvelles adhésions : mais ne reconnaissez-vous pas avec lui que la tâche du recrutement a été facilitée, pour beaucoup, par les intéressants mémoires publiés dans nos bulletins, par les communications attrayantes qui ont été faites et suivies si attentivement dans nos séances? Pour vous en convaincre, il n'y a qu'à passer rapidement en revue les travaux de cette année. Voici le résumé que M. Lippmann a dressé de ces travaux, en les groupant, autant que faire se pouvait, dans les diverses sections réglementaires.

Ire SECTION

Chemins de fer, Travaux publics, Navigation, etc.

M. Ed. Badois nous a présenté au nom de notre Collègue M. J. Baudot, qui habite le Caire, un mémoire sur *les Réservoirs du Nil* et sur le projet de *barrage de Djebel-Silsileh*, dans lequel il est traité de l'aménagement des eaux du Nil au point de vue si utile des irrigations; il présente des idées nouvelles au sujet de la construction du gigantesque barrage qui devrait satisfaire à toutes les exigences du but à réaliser.

Ce mémoire a provoqué d'intéressantes observations et remarques de la part de nos Collègues MM. J. Marie et Ch. Cotard.

Banlieue, en eau potable; — MM. H.-Ch. Bunel et R.-V. Picou, comme Membres du Comité consultatif appelé à donner son avis sur les mesures de préservation contre les dangers d'incendie dans l'enceinte de l'Exposition universelle de 1900; — M. Louis Martin, ancien Président de la Société, comme Ingénieur en chef honoraire de la ligne de Vincennes; — Des Membres de la Société comme Membres du Jury international des récompenses à l'Exposition de Bruxelles (voir séances des 2 et 16 juillet); — M. P.-J. Bodin, comme Professeur titulaire du cours de Construction de machines (deuxième année), à l'École Centrale; — M. E. Bertrand de Fontviolant, comme Professeur titulaire du cours de Résistance des Matériaux, théorique et appliquée (deuxième année) à l'École Centrale; — M. A. Charliat, comme Professeur à l'École des hautes études commerciales; — M. A. Lavezzari, comme membre de la Société autrichienne pour le développement des chemins de fer secondaires; — M. L. de Chasseloup-Laubat comme Commissaire adjoint du Gouvernement français au Congrès de l'Exposition de Bruxelles; — des Membres de la Société comme Membres des Comités d'admission à l'Exposition de 1900 (voir séances des 5 et 19 novembre et 3 décembre); — MM. E. Polonceau, comme Président et J. Barba comme Vice-Président de Commissions internationales nommées par le Comité directeur de l'Association internationale pour l'essai des matériaux, pour organiser les préparatifs du Congrès de Stockholm, qui a eu lieu du 23 au 26 août 1897 (séance du 2 avril).

MM. A. Bergès et L. Bravet : *Projet de création et de transport de force motrice pour l'alimentation d'eau, le tout à l'égout et la distribution de l'électricité à Lyon.* — Étude bien complète, dont l'exposé général a été fait par M. Bergès, et la description des travaux par M. Bravet.

M. le lieutenant de vaisseau Hourst a charmé un auditoire nombreux qui comptait beaucoup de dames invitées, par le récit qu'il a fait avec élégance du voyage entrepris courageusement par la mission qu'il dirigeait. Cette mission scientifique avait à faire la *reconnaissance hydrographique du Niger;* elle a réussi à démontrer que non seulement on pouvait suivre cette voie, navigable jusqu'à la mer, mais que la pénétration française au Soudan, du Sénégal au Dahomey, nous serait fort avantageuse au double point de vue militaire et commercial.

Dans la même séance, et comme complément à ce captivant compte rendu, M. le capitaine de génie Calmel après avoir fait l'historique de la question du *Chemin de fer du Sénégal au Niger*, a fait connaître l'état actuel d'avancement des travaux, et ce qu'il reste à faire pour achever cette ligne transsoudanienne qui, en réunissant les deux fleuves, formera la grande voie de pénétration préconisée par M. le lieutenant de vaisseau Hourst.

Cette dernière conférence a amené des explications fournies par notre Collègue M. E. Boyer, sur le chiffre excessif de la dépense attribuée à la confection des premiers tronçons de cette ligne : M. le capitaine Calmel est bien d'accord avec M. Boyer sur le fait que les premiers crédits ont dû être absorbés par les difficultés de pacification du pays, et qu'au début, les Directeurs civils, comme les Ingénieurs militaires qui leur ont succédé, ont rempli consciencieusement et patriotiquement leur devoir.

De M. Ch. Desbrochers des Loges : un remarquable travail sur *les ordures des Villes* pour le traitement desquelles il préconise, avec preuves à l'appui, l'*emploi de la vapeur d'eau sous pression*, parce qu'on obtient ainsi, sans nuire en aucune façon à l'hygiène, des résidus avantageusement utilisables comme engrais.

M. F. Chaudy nous a présenté une étude très savante sur la *détermination de la forme de moindre résistance à l'avancement des bateaux sous-marins :* il conclut tout d'abord à la forme en cigare, sans donner à la proue une pointe trop prononcée; la poupe, au contraire, doit être aussi effilée que possible.

M. A. Lavezzari dans son mémoire très documenté sur *les Chemins de fer de l'Etat Belge à l'Exposition de Bruxelles-Tervueren en 1897* attire particulièrement l'attention sur la Locomotive express des ateliers de Malines, sur une locomotive compound d'une grande puissance, sur des nouvelles dispositions du matériel roulant et principalement sur les essais intéressants de traction électrique.

M. Lucien Périssé nous a fait une intéressante description des voitures automobiles de « Poids lourds » établies pour le transport sur route, soit des voyageurs en commun, soit des marchandises, soit pour le transport mixte des voyageurs et marchandises.

De ces voitures, les unes ont pris part au concours organisé en août dernier par l'Automobile-Club, les autres, bien que remplissant les con-

ditions imposées, ne sont pas entrées en lice : ces voitures à vapeur ou à pétrole donnent des résultats tels qu'il faut prévoir, dans un avenir prochain, leur emploi à l'exclusion de tous autres procédés pour les lourds transports sur route.

Dans une séance postérieure, à laquelle assistaient M. le baron DE ZUYLEN, président de l'Automobile-Club et M. l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées G. FORESTIER, Président du concours de l'Automobile-Club, qui avaient pris place l'un et l'autre au Bureau, notre Collègue, M. JEANTAUD nous a communiqué le *rapport officiel* de ce grand concours, organisé dans le but, d'intérêt général, de développer l'usage et l'industrie des véhicules automobiles en France. Ce rapport des plus remarquables, était l'œuvre de M. l'Inspecteur général FORESTIER et de M. le comte DE CHASSELOUP-LAUBAT, Membre de notre Société.

M. DUROY DE BRUIGNAC a fait une étude sur la nécessité et la possibilité de simplifier les calculs pour la *stabilité des bateaux à hélice sur houle et dans les girations* dans le but principal de parer aux mécomptes suscités par la complication de ces calculs.

M. E. HORN qui a assisté comme délégué de notre Société à l'*Inauguration du Canal des Portes de Fer* et à l'Exposition Millénaire de Budapest, nous a rendu compte des grands travaux accomplis pour la régularisation du cours du Danube, avec description de l'organisation et de l'outillage des chantiers.

M. A. BRÜLL a exposé le procédé très pratique et très ingénieux imaginé par M. Dulac pour la *Compression mécanique du sol*, au moyen duquel on arrive à pouvoir construire, avec économie et toute sécurité, sur des terrains de très faible consistance.

M. J. FLEURY a complété la communication qu'il a faite en octobre 1896 sur *l'Eau à New-York* en nous transmettant les données pratiques qui font l'objet d'une lettre de M. Fteley, et qui sont des plus intéressantes au point de vue des conditions d'établissement des grands barrages en maçonnerie.

M. H. CHEVALIER a traité de *l'Art de l'Ingénieur en Corée*, extrait de curieux textes chinois édités à l'occasion de l'achèvement des fortifications de Hoa-Syeng en 1800, et à celle de la construction du tombeau du roi Hen Tsong, en 1849.

M. J.-A. AMIOT, en nous parlant du *Percement des souterrains par la méthode du Bouclier*, nous a fait l'historique complet de cette méthode appliquée pour la première fois à Londres, par son inventeur, l'Ingénieur français Brunel, au percement du tunnel sous la Tamise, de 1824 à 1842. Ce procédé repris récemment avec succès par notre Collègue M. J.-B. BERLIER, pour le siphon sous-fluvial d'Asnières, a reçu de nouvelles applications qui commencent l'ère de nombreux et grands travaux que notre Société pourra suivre avec intérêt, tels que la voie de pénétration souterraine de la ligne d'Orléans, le métropolitain, etc.

M. A. LENCAUCHEZ, dans une note sur *la résistance des barrages d'une grande longueur et grande hauteur soumis à des pressions statiques considérables*, nous expose des considérations qu'il s'était proposé de présenter depuis longtemps et qui sont aujourd'hui de toute actualité.

M. Léon LANGLOIS, dont nous sommes heureux de saluer ce soir l'entrée

dans votre Comité, a fait un important et remarquable travail sur *les conséquences à tirer de l'étude technique de la catastrophe de Bouzey*. De cette étude, divisée en trois parties, il nous a exposé les deux premiers chapitres : 1° Fautes commises dans la construction du barrage ; 2° Règles à suivre dans la construction d'un barrage. Le troisième intitulé : « Calcul rationnel d'un barrage courbe », fera l'objet d'une très prochaine communication, et il est permis de prévoir que l'ensemble de ces observations et règles, tout à fait personnelles à l'auteur, constituera un véritable traité pour la construction de tels ouvrages.

IIe SECTION

Mécanique et ses applications. — Machines à vapeur, etc.

M. E. Duchesne a fait une intéressante communication sur la *Chaudière militaire marine*, dans laquelle il a passé en revue toutes les conditions que ces sortes de générateurs doivent remplir, et que semblent réaliser les types aquitubulaires d'application récente.

M. L. de Chasseloup-Laubat a traité également ce sujet dans un grand travail d'ensemble sur *les Chaudières marines*, dans lequel il a fait l'historique de la question des générateurs tubulaires qui paraît remonter à l'origine de l'ère chrétienne : il passe en revue tous les types connus de chaudières aquitubulaires et ignitubulaires, et cette remarquable étude ouvre un vaste champ à d'utiles discussions qui commenceront dans la prochaine séance.

Nous avons eu encore de M. L. de Chasseloup-Laubat l'analyse de l'ouvrage de M. Dixon Kemp intitulé *Yacht architecture*, dans lequel il est traité des conditions de stabilité dans la navigation à voile, et de l'influence de la *stabilité de forme* et de la *stabilité de poids*, sur la résistance à la propulsion et à la facilité d'évolution du navire.

M. Ch. Compère a traité des *Efforts réellement transmis au tourillon de manivelle en tenant compte des forces d'inertie*, et nous a exposé ses judicieuses observations sur les causes de production de chocs anormaux dans certaines machines, en déduisant de sa théorie les moyens de les éviter.

De M. A. Lencauchez, une étude très savante sur *le mouvement des fluides dans les appareils à force centrifuge*, dont les applications seront des plus utiles pour la construction et le meilleur rendement des ventilateurs et des pompes centrifuges.

M. A. Lavezzari a présenté l'aide-mémoire de l'Ingénieur et du constructeur-mécanicien en signalant les améliorations ou additions apportées dans la onzième édition de cette publication si connue, notamment sur les sujets d'actualités tels que l'électricité, les bouches à feu, l'automobilisme, etc.

M. G. Dumont a donné l'analyse de l'ouvrage de M. Godfernaux sur la traction mécanique des tramways.

M. H. Chevalier a fait l'analyse de l'étude de M. Tchijewski, Ingénieur russe, sur la machine atmosphérique construite en 1765 par Polsonnow, dont l'auteur fait l'intéressante biographie, et qui réalisait d'importants perfectionnements sur celle de Newcomen.

M. R. Soreau, auquel nous souhaitons avec plaisir la bienvenue à notre Bureau en qualité de Secrétaire, nous a fait, en deux séances, une conférence très érudite sur le *Problème général de la navigation aérienne.* En commençant par l'analyse détaillée du mécanisme du vol des oiseaux et en passant par la théorie mathématique de l'aéroplane, il est arrivé à cette importante conclusion que les ballons ne pourront être réellement dirigeables qu'en restant à des vitesses inférieures à 20 *m.*

M. M. Duplaix, dans un mémoire très important et très savant, traite de la théorie de ce qu'il appelle les « convois périodiques » et de ses applications dans *la résistance des matériaux* aux calculs des *poutres droites à une travée et à appuis simples.*

M. A. Brancher nous a présenté un *aéroplane mû électriquement* qui paraît marquer un pas en avant dans l'étude de la solution du problème de l'aviation mécanique.

M. Aug. Moreau a fait l'analyse du *Nouveau traité des machines-outils.* Cet ouvrage, qui a pour auteur notre sympathique et estimé Collègue, M. G. Richard, est certainement le plus complet, le plus important, le plus clair et le plus pratique en la matière.

Dans une autre séance, M. A. Brüll nous a annoncé la nouvelle publication technique éditée par la maison Vicq-Dunod et C^ie^, sous le nom de *Revue de mécanique ;* il nous a fait connaître le programme et le but de l'ouvrage dû encore à l'initiative de notre infatigable Collègue, M. G. Richard, et dont la grande autorité d'illustres collaborateurs assure le plein succès.

III^e^ SECTION

Travaux géologiques. — Mines. — Métallurgie, etc.

M. J. Bergeron nous a fait part des observations recueillies par M. l'explorateur Foureau dans ses voyages à travers *le Sahara algérien,* au point de vue de *la Géologie et de l'Hydrologie* de la région méridionale de cette contrée ; il en a déduit les résultats favorables à en tirer pour nos grands projets de pénétration dans l'Afrique Centrale. Cette communication a motivé une réponse de notre Collègue M. Hermann Bernard, et une autre de M. l'Ingénieur en chef des Mines, M. Rolland, qui doit nous présenter, dans une prochaine séance, un mémoire sur les eaux artésiennes du Sahara.

M. F. Brard a remis un mémoire sur *les charbonnages d'Hongay* (Tonkin) dans lequel, après avoir fait connaître les difficultés et dangers de toute nature qui ont entravé les débuts de cette importante exploitation, il présente la constitution géologique de la région, retrace les travaux de recherches, la disposition, l'allure, la puissance des couches de charbon exploitables, puis les conditions, procédés et matériel d'exploitation ; ensuite, le traitement et l'expédition des produits; enfin, l'examen du rendement commercial actuel et possible de cette industrie de notre jeune colonie d'Extrême-Orient.

De M. E. Maglin, nous avons entendu une étude complète sur le travail du bronze depuis les temps les plus reculés, et l'exposé du nouveau procédé de *la fonte du bronze d'art d'un seul jet,* à l'aide duquel on ob-

tient économiquement des œuvres d'art qui conservent la même perfection et la même valeur que celles obtenues par les façons actuelles.

M. P. Chalon nous a communiqué l'ensemble de ses observations sur la *recherche des eaux souterraines*, en établissant les règles qu'il conseille de suivre pour trouver les nappes locales et en opérer utilement le captage.

M. L. Chateau a fait un important travail sur *les gisements de phosphate de chaux dans les provinces de Constantine et d'Alger*, dans lequel, après avoir donné l'étude détaillée des formations géologiques auxquelles se rapportent ces gisements précieux pour l'agriculture, il passe en revue les divers gites exploitables, leur mode d'exploitation, l'état actuel et futur, en Algérie, de cette industrie qu'il importe de favoriser et de protéger par une législation prudente et libérale.

M. A. Lavezzari a donné un aperçu analytique de l'important ouvrage de M. Codron sur *les procédés de forgeage dans l'industrie*, dans lequel l'auteur décrit les procédés usuels de travail du fer à chaud.

M. Ch. Fremont, auquel nous avons décerné, le 2 juin dernier, le prix annuel pour son magistral mémoire sur le cisaillement et le poinçonnage des métaux, qui avait été couronné par l'Académie des Sciences, nous a remis un second mémoire intitulé : *Études de chaudronnerie*, travail dont l'importance échappe à l'aperçu sommaire qu'il me serait possible d'en donner ici, mais que vous lirez avec intérêt dans notre *bulletin* de novembre. En attendant, nous venons d'apprendre et votre Président vous annonce avec la plus grande satisfaction que, pour cette nouvelle œuvre, notre Collègue, M. Fremont, vient de recevoir encore un prix de l'Académie des Sciences.

IVe SECTION

Physique. — Chimie industrielle. — Divers, etc.

M. M. Otto a traité de *la production et des applications industrielles de l'ozone*. Après une description des appareils les plus pratiques pour la fabrication usuelle de ce gaz, M. Otto nous a fait une nomenclature sommaire, mais des plus intéressantes, des applications industrielles, thérapeutiques et autres qu'on obtient déjà, et qui prendront, dans la suite, une grande et utile extension.

M. E.-L. Surcouf, dans son *Projet d'expédition au pôle Nord en ballon*, se propose d'expérimenter les conditions dans lesquelles le véhicule doit être établi, pour avoir la certitude qu'il pourra rester en l'air pendant le temps probable de la traversée dans le cas des conditions les plus défavorables ; il étudiera aussi les moyens de relever la route parcourue, au moyen de coordonnées géographiques.

M. R. Soreau nous a fait, avec talent et d'une manière attrayante, le compte rendu du *Voyage de la Société en Belgique*, en septembre dernier : il a suivi pas à pas nos intéressantes et instructives visites à l'Exposition de Bruxelles, ainsi que dans les grands établissements industriels et sur les grands chantiers d'entreprises de travaux publics ; il a su très bien faire ressortir le charme des aimables et grandioses réceptions dont nous avons été l'objet.

M. V. Langlois a bien voulu mettre à notre disposition sa grande compétence en électricité pour traiter tout spécialement et d'une façon très claire, très méthodique, tout ce que cette science, reine de l'actualité, a pu faire passer sous nos yeux, dans ce voyage, aussi bien à l'Exposition Belge que dans des usines nombreuses et importantes d'applications électriques.

M. S. Périssé a rendu compte de la *Fête du Cinquantenaire de la fondation de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège*, en développant, avec le savoir, que nous lui connaissons, la substance d'intéressantes conférences sur les mines, la métallurgie, la mécanique, qui ont alterné avec des visites industrielles et des réceptions des plus amicales.

M. P. Jannettaz par une analyse très complète de l'*Ouvrage de* M. Verstraete, Consul de France, *sur la Russie industrielle*, nous a mis à même de nous faire une idée du développement qu'a pris, en Russie, la grande industrie pendant ces dernières années et qui va toujours en croissant. M. Jannettaz, dans un voyage tout récent dans ce grand pays, a rapporté, à cet égard, des observations très utiles dont il se propose de rendre compte à la Société.

M. E. Cacheux a analysé l'ouvrage de M. Baudran sur l'*État de l'habitation dans le département de l'Oise*, dans lequel l'auteur vise particulièrement l'amélioration à apporter aux petits logements et aux habitations à bon marché.

M. G. Dumont nous a présenté et a offert à notre bibliothèque de la part de notre Collègue M. H. Chevalier, un très curieux ouvrage, traduit du chinois, par l'auteur, et intitulé les *Songes Chinois*, qui est un recueil de proverbes, de remèdes, de sortilèges et d'une originalité fort amusante.

Ve SECTION

Électricité.

M. G. Baignères, dans sa communication sur le *Matériel de manutention électrique dans les chemins de fer*, démontre que l'énergie électrique, aussi bien dans les usines industrielles que dans les gares, fournit une solution des plus pratiques pour actionner un grand nombre d'appareils de manœuvre.

M. G. Dumont rend compte du travail important qu'il a fait en collaboration avec M. Baignères sur l'*utilisation des puissances naturelles : transport à grande distance et distribution de l'énergie électrique*. Les découvertes récentes des électriciens ont permis d'effectuer des transports d'énergie à grande distance avec des rendements variant de 65 à 75 0/0 en utilisant, à haute tension, soit le courant continu, soit les courants alternatifs. Avec des chutes d'eau, on arrive à des prix de revient très bas pour le kilowatt, et par suite, la vente peut se faire à bon marché. Cette communication est l'utile complément de la première communication de nos Collègues, en décembre 1894, sur les transmissions électrique par courant continu.

M. G. Dumont nous a offert, au nom d'un de nos nouveaux membres, M. Godfernaux, un ouvrage intitulé : la *traction mécanique des tramways*,

dans lequel l'auteur, après avoir passé en revue tous les systèmes de traction en usage, donne avec développement tous les prix de revient comparatifs qui constituent une source de renseignements des plus précieux.

M. F. Lange nous a adressé le compte rendu de l'inauguration du *Service de la Compagnie des Voitures électriques*, qui a eu lieu à Londres le 19 août dernier. Ce sujet, qui est pour nous de la plus grande actualité, a été traité par l'auteur avec tous les détails désirables : description des formes et mécanismes des voitures, dispositions, manœuvre, chargement des accumulateurs, vitesse, durée possible du parcours, etc...

M. E. Ziffer, Président de la Chambre des Ingénieurs autrichiens, nous a envoyé de Vienne le résumé d'une remarquable conférence faite par M. l'Ingénieur Wandruska sur *l'application du système Walker aux tramways électriques*.

Après avoir présenté une liste dans laquelle sont dénommés tous les avantages du moteur de 25 *ch* pour tramways, l'auteur a passé en revue ceux de 50 à 125 *ch* pour la traction électrique des chemins de fer vicinaux, et il a appelé particulièrement l'attention sur le nouveau mode de prise de courant dont la construction offre les avantages de la poulie de contact, et permet le mode de suspension du fil de trolley appliqué dans le cas de l'emploi du cadre.

M. O. de Rochefort-Luçay nous a soumis et décrit un *nouveau transformateur électrique à haute tension* qui, très ingénieux et très pratique, offre de grands avantages sur la bobine de Ruhmkorff pour le rendement en intensité ; ce transformateur, qui est dû à MM. de Rochefort-Luçay et Wydts, convient essentiellement à la production des rayons Rœntgen.

En dehors de cet exposé des travaux de nos zélés Collègues, dont les mémoires se trouvent dans nos bulletins ou qui nous ont été communiqués en séance, nous avons eu à nous occuper de deux questions d'intérêt général : la décimalisation de l'heure et du cercle, la création d'un laboratoire public d'essai des matériaux.

La première, qui a donné lieu à d'intéressantes observations, notamment de la part de nos Collègues, M. H. Vallot, R. Soreau, Ch. Baudry, etc., a fait l'objet d'une délibération qui a été déposée au Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. La seconde, après étude en séance et en commission, est restée en suspens, mais paraît devoir être reprise prochainement avec quelque chance d'aboutir dans le sens favorable aux souhaits de la grande majorité des membres de notre Société.

De plus, nous avons eu plusieurs très intéressants comptes rendus de Congrès auxquels nous avons été invités à prendre part.

Ainsi, l'un de nos si sympathiques Collègues de Saint-Pétersbourg, M. N. Belelubsky est venu nous présenter une note remarquable sur le *Congrès de Stockholm pour l'essai des matériaux*. Dans ce congrès, qui s'est tenu les 23, 24 et 25 août, de nombreuses conférences ont été faites surtout sur la métallurgie, et il s'en est trouvé une, celle sur *la métallurgie*

microscopique comme méthode d'essai, due à notre savant Collègue, M. F. Osmond, qui a été tout particulièrement appréciée entre toutes. M. Polonceau qui était Président d'une des sections internationales chargées, par le Comité directeur, d'organiser les préparatifs du congrès, a pris une large part aux travaux de ce Congrès auquel nous avions encore délégué, outre MM. Belelubsky et Osmond, MM. Baclé, Brüll, Candlot, Guillemin, Pourcel et Swilokossitch.

M. E. Cacheux, dans le *compte rendu du Congrès international des Sables-d'Olonne*, a résumé toutes les questions qu'on y a traitées et se rapportant aux pêches maritimes et à la création d'écoles de pêche.

M. J. Fleury a rappelé avec talent toutes les questions techniques traitées dans le congrès des Naval Architects, et a beaucoup insisté sur le faste et la grande cordialité avec lesquels il a été reçu par nos Collègues Anglais, ainsi que nos autres délégués, MM. L. de Chasseloup-Laubat, A. de Dax, G. Hart et J.-J. Heilmann. M. L. de Chasseloup-Laubat fait, du reste, partie, comme membre associé, de l'institution des Naval Architects, depuis sa communication sur la bataille de Yalou.

M. G. Dumont qui a été délégué avec M. G. Baignères au Congrès des Ingénieurs et Architectes Suisses, à Bâle, nous a fait aussi un très intéressant récit des visites industrielles, conférences et réceptions diverses qui ont rempli les journées et les soirées consacrées à ce congrès.

La Société a été invitée à prendre part encore à d'autres congrès :

A celui de l'Iron and Steel Institute, à Cardiff, puis à Londres, du 4 au 6 août et du 10 au 15 août;

Au Congrès de la Société d'Économie sociale, à Paris, du 20 au 25 mai;

A celui de l'Association française pour l'avancement des Sciences, à Saint-Etienne, du 5 au 12 août, auquel la Société a délégué son ancien Président, M. le sénateur Reymond qui était Président des 2e et 3e sections de ce congrès.

Au Congrès annuel de la Propriété bâtie, du 21 mai au 3 juin; délégués, MM. Guillotin, Hunebelle, Richou, Decaux, Badois, Trélat et Chardon.

Au Congrès des Habitations à bon marché à Bruxelles, en juillet; délégué : M. E. Cacheux.

Voici, tant au dehors qu'à Paris, quelles ont été les principaux travaux ou occupations des membres de la Société, qui se traduisent numériquement par neuf congrès à Paris, en province ou à l'étranger, et, dans notre hôtel, par vingt séances publiques réglementaires, quatorze réunions de votre Bureau, vingt-quatre séances du Comité et cinquante et une réunions de commissions : il s'est donc tenu, rue Blanche, quatre-vingt-dix-neuf assemblées, tant pour travaux techniques que pour l'examen des questions d'intérêts divers touchant au bon fonctionnement matériel, administratif ou financier de notre association.

Nous ne voulons certes pas entreprendre la récapitulation par le menu de tout ce qui s'est fait ou dit en dehors des séances techniques; votre Président vous a, d'ailleurs, fait part des décisions prises par votre Bureau et par votre Comité quand elles vous intéressaient; la Commission, char-

gée d'étudier les modifications à apporter au mode d'élection des Membres du Comité, s'est prononcée pour le maintien du *statu quo;* il vous a été rendu compte des heureuses transformations (mais peut-être pas encore assez satisfaisantes) subies par notre salle des séances, le fonctionnement du plancher mobile, le mobilier, etc., etc., qui ont été faites sous l'action de la Commission de l'hôtel; les améliorations et enrichissements de notre bibliothèque sont dus au zèle et à l'attention de la Commission spéciale qui s'en occupe; les Commissions qui ont trait aux Prix Nozo et Annuel décernés cette année, et au Prix Giffard à décerner en 1899, ont pris les décisions que vous connaissez; de même pour celles nommées pour les études de la décimalisation de l'heure et pour la création du laboratoire d'essai; le résultat des opérations de la Commission de revision des comptes de construction de l'hôtel se lit dans les termes qui ressortent du dernier rapport de notre Trésorier; la Commission des fêtes du Cinquantenaire et celle du monument Flachat se sont entendues pour faire coïncider l'inauguration du monument et notre Congrès annuel avec les fêtes de mars prochain dont le programme, naturellement, n'est pas encore arrêté définitivement.

Vous avez maintenant une idée d'ensemble sur l'activité qui a régné, en 1897, dans notre Société, et M. Lippmann, en terminant ce compte rendu dans le cours duquel, malgré sa longueur, il craint encore d'avoir fait quelques sérieuses omissions dont il aurait à s'excuser, a jugé devoir vous entretenir encore de deux séances qui se sont tenues ici et qui, à différents points de vue, sont de nature à vous intéresser.

L'une d'elles, à laquelle vous avez été conviés, a eu lieu le 20 mai, à l'occasion du *Congrès de la Société d'Économie sociale et des Unions de la paix sociale*, dont les organisateurs nous avaient demandé de comprendre, dans la division de l'emploi du temps des membres du Congrès, une soirée à consacrer à la visite de notre hôtel, non seulement pour en connaître l'importance et l'aménagement, mais surtout pour le montrer comme la représentation de la force, de la vitalité que peut conquérir dans la société moderne l'initiative privée d'une grande corporation libre.

Notre Collègue, M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT, dans un grand et remarquable discours, a retracé l'historique de notre Association qui s'est faite elle-même et grandit sans cesse; et après avoir passé en revue les noms et les travaux de ceux d'entre nous qui ont traité ici les sujets se rapportant à l'économie politique et sociale, il a terminé par la définition du rôle de l'Ingénieur civil dans notre époque de libéralisme.

Après lui, M. l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées, l'éminent professeur M. CHEYSSON, avec son incomparable talent et sa haute compétence, a salué dans notre marche florissante le triomphe du principe de l'Association et de l'initiative privée; puis il a démontré que la propriété industrielle dépend de la bonne solution des problèmes sociaux et que, par suite, il faut qu'un *Ingénieur technique soit doublé d'un Ingénieur social;* il a suivi cet Ingénieur dans sa préoccupation de faire marcher de front le bien-être de l'ouvrier, le prix de revient et le béné-

fice; et, après avoir défini le rôle moral de l'État dans les institutions patronales, il a exprimé le vœu de voir « tous les Ingénieurs de la Société d'Économie sociale entrer dans la Société des Ingénieurs Civils et *vice versâ*, pour le plus grand bien respectif de la paix sociale et du génie civil. »

L'autre séance est celle tenue ici, en novembre dernier, par l'Association des Conducteurs des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines réunis en Congrès, et auxquels nous avons donné l'hospitalité un soir pour entendre une brillante conférence que leur faisait M. l'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées Bechmann, sur *l'assainissement de Paris et de la Seine par le tout à l'égout*. Votre Président a fait à nos hôtes les honneurs de la maison et, pendant près de deux heures, tout l'auditoire, qui comprenait aussi un grand nombre des Ingénieurs des différents services de la Ville de Paris, a été captivé autant par le charme de l'élégante parole du conférencier que par l'intérêt du sujet qu'il traitait, et dont les plus importants détails ne sont certainement que trop peu connus.

S'il est parlé tout spécialement de ces deux séances extraordinaires, c'est pour bien manifester les liens qui nous unissent à toutes les Associations qui s'adonnent aux mêmes études et aux mêmes travaux que nous.

On ne peut nier la véritable affinité qui existe entre tous les Membres de notre grande famille internationale du génie civil.

Notre voyage en Belgique, à l'occasion de l'Exposition internationale de Bruxelles, auquel ont pris part 101 de nos Collègues, a eu les plus heureux résultats. Accueillis avec une cordiale amitié par nos confrères Belges, nous avons pu, non seulement visiter avec fruit leur belle Exposition, mais encore tous les principaux travaux qui sont en cours d'exécution dans ce pays où nous trouvons de si nombreuses sympathies.

Par une délicate attention que nous aimons à rappeler ici, les Ingénieurs belges ont eu le soin d'attirer surtout nos regards vers la section française dont ils se plaisaient à proclamer à la fois l'importance et le goût qui a présidé à son organisation. Le succès obtenu par nos compatriotes a, d'ailleurs, consacré pleinement la bonne impression que nous avait laissée notre visite à Bruxelles.

Nous avons eu la bonne fortune de recueillir, en Belgique, de nombreuses adhésions à notre Société. Le résultat de ces voyages à l'étranger, pour prendre part à des visites ou à des congrès, a donc été des plus fructueux à tous égards.

Nous ne saurions terminer cette revue de nos principaux travaux sans vous rappeler les télégrammes enthousiastes de nos Collègues russes, au moment de l'accomplissement d'un acte qui a scellé l'amitié de deux grandes nations, ainsi que les réponses que nous leur avons faites en votre nom.

Il me reste, Messieurs et chers Collègues, à remplir un devoir bien agréable, c'est d'adresser nos remerciements les plus chaleureux au Bureau, au Comité et à notre excellent Trésorier, pour le concours si dévoué et si précieux qu'ils ont apporté à l'administration de la Société pendant le cours de cette année particulièrement laborieuse.

Nous ne saurions, non plus, oublier dans le rappel des services rendus, le rôle, non moins dévoué, de M. A. de Dax et du personnel administratif de la Société.

Nous rendons ici un hommage mérité au zèle et à l'intelligence déployés par ces Messieurs pour nous aider à mener à bien notre tâche.

Permettez-moi, enfin, de nous féliciter de voir notre dévoué et savant Collègue, M. A. Mallet, reprendre sa place au Comité après l'année d'absence qui lui avait été imposée par le règlement.

L'ensemble des faits que je viens d'avoir l'honneur de vous rappeler et dont l'importance justifie la longueur de cet exposé, nous autorise à proclamer que notre belle Société est dans une voie des plus prospères et que, grâce aux concours actifs de tous ses Membres, nous pouvons considérer l'avenir avec la plus grande quiétude. *(Applaudissements.)*

MON CHER PRÉSIDENT,

Il appartenait à M. Ed. Lippmann de vous céder le fauteuil présidentiel et de vous témoigner le profond contentement que nous éprouvons de vous voir accepter la mission de présider aux destinées de notre Société.

Je suis donc très embarrassé pour remplir un rôle qui ne m'appartient pas: mais cet embarras va cesser lorsque, me faisant à la fois l'interprète de notre Président et de tous nos Collègues, je vous exprimerai notre extrême satisfaction des suffrages unanimes de la Société portés sur un ingénieur, un industriel, un administrateur, un philanthrope aussi éminent.

Sous une telle Présidence, nous sommes assurés de la progression de notre Société, et la célébration de notre Cinquantenaire, à laquelle vous allez présider, sera le début d'une ère nouvelle de prospérité.

Nous serons heureux, mon cher Président, de vous apporter notre concours le plus actif et le plus dévoué pour l'organisation de cette manifestation qui sera le digne couronnement des efforts de la Société des Ingénieurs Civils pendant un demi-siècle. *(Longs et vifs applaudissements.)*

M. A. LOREAU, nouveau Président, après avoir serré la main de M. G. Dumont, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant:

MES CHERS COLLÈGUES,

En 1848, un citoyen français dont le nom figure à l'Annuaire des Membres de votre Société, Jean-Félix Bapterosses, jetait à Paris les premiers fondements d'une industrie nouvelle qui, transportée ensuite dans le Loiret, devait prendre un important développement.

En 1848, au lendemain de cette commotion qui semblait alors devoir engloutir l'industrie et ses soldats, cinq amis, anciens centraux, réalisèrent un projet déjà plusieurs fois tenté et fondèrent la « Société Centrale des Ingénieurs Civils ».

Mais ces ouvriers de la première heure, voulant de suite donner à leur idée plus d'ampleur et plus de force et grouper en un seul faisceau, en dehors de toute question d'origine et d'école, les hommes consacrant leur vie à l'étude et au développement des grands problèmes de l'indus-

trie, le mot « Centrale » fut effacé et les statuts portèrent pour titre : Société des Ingénieurs Civils.

Depuis un demi-siècle, s'inspirant de l'esprit libéral de ses fondateurs, la Société toujours grandissante et florissante, consacrant tout son dévouement et tout son zèle à la solution des projets d'un intérêt général pour notre France, est devenue l'organisme puissant qui nous réunit aujourd'hui si nombreux.

Quant à Bapterosses, il avait transporté ses usines à Briare, à l'origine de ce doyen des canaux à point de partage qui porte dans ses armes, trois cours d'eau, la Seine, la Loire et le Loing, avec la devise parlante « Concordia crescent », le Progrès par l'Union.

Voyant la vitalité de son œuvre, sentant le besoin de s'attacher des collaborateurs et des continuateurs, Bapterosses s'inspirant de votre esprit, choisit pour gendres trois Ingénieurs ne sortant pas de la même école, mais tous, Membres de votre Société et qui, depuis vingt-cinq ans ont le plaisir (en l'expérimentant), de vérifier la vérité de la devise des Armes de Briare.

L'un d'eux construisait alors des chaudières avec Thomas et Laurens et venait de faire avec Callon sa première machine élévatoire.

C'est celui-là que vous avez appelé à votre Présidence.

Il vous demande de lui pardonner ce préambule, mais il tenait à associer au suprême honneur que vous venez de lui faire, ceux-là même qui ont contribué à lui mériter cet honneur.

Et maintenant, bien sincèrement merci, mon cher Dumont, pour le trop de bien qu'au nom de notre Président sortant et au vôtre, vous venez de dire de moi et doublement merci à vous, Messieurs les anciens Présidents et à vous, mes chers Collègues pour m'avoir, par la presque unanimité de vos votes, donné une force bien précieuse pour remplir l'attrayante, mais lourde tâche de porter votre drapeau pendant cette mémorable année de votre Cinquantenaire.

Mes chers Collègues,

Votre ordre du jour, très concis, porte simplement ces deux lignes :

Discours du Président sortant;
Discours du nouveau Président.

Que notre cher Président absent, notre ami Lippmann reçoive ici, avec l'affirmation de la part que nous prenons à son deuil cruel, l'expression de notre sincère reconnaissance pour le dévouement, le zèle et le succès avec lesquels il vient de diriger, en 1897, la marche de la Société.

Pour vous, mon cher Dumont, qui venez de vous faire très éloquemment l'interprète de l'absent, encore bien cordialement merci.

Quant à moi, au moment de passer à la réalisation de la seconde ligne, je vous avouerai que je me suis demandé si le programme indiqué était de fondation, de règle et, en tout cas, à quelle époque il remontait.

Alors, je me suis mis à parcourir les procès-verbaux de vos travaux, m'arrêtant tout particulièrement à ces séances suggestives des premiers

vendredis de Janvier (séances de la transmission des pouvoirs) et avec un intérêt toujours croissant, remontant d'année en année, j'ai relu les discours de ces Présidents auxquels vous m'avez appelé à succéder. L'un d'eux, l'honorable sénateur Reymond vous disait : « Je trouve à votre » nomination un charme tout spécial, c'est la pensée de me rajeunir » dans un monde d'idées et de choses où j'ai vécu les plus belles années » de ma vie ». J'ai éprouvé moi-même au courant de ma lecture une joie si intime, des émotions si profondes, que je vous demande de bien vouloir refaire avec moi le chemin déjà parcouru, n'ayant qu'un regret, celui de ne pouvoir (le temps ne nous le permettrait pas) nous arrêter à tous les points intéressants de notre route.

De 1848 à 1856, les procès-verbaux sont courts, point de discours, quelques mots du Président et, de suite, la parole donnée à l'un des Membres pour une communication ou la continuation d'un débat ; et, par une courtoisie bien française, c'est par un discours de Robert Stephenson, alors Président de la Société des Ingénieurs Civils Anglais, que s'ouvrent, pour la première fois, vos annales.

Ce sont dix pages (alors d'un petit format, 10/15) singulièrement intéressantes. Je lis :

« Le royaume-uni de Grande-Bretagne et d'Irlande possède aujour-» d'hui 8 064 milles (12 967 *km*) de chemins de fer. C'est plus que la » longueur réunie des cinq fleuves principaux de l'Europe et, posés » l'un au bout de l'autre, les rails employés sur ces diverses lignes fe-» raient aisément le tour du globe.....

Puis ce sont d'utiles renseignements sur le parcours annuel, le charbon brûlé, les recettes, l'usure, les tarifs, les services rendus à la population et à l'industrie et cette attachante conclusion :

« C'est aux Ingénieurs Civils qu'il appartient de développer et de per-» fectionner encore ce magnifique système. »

Et le discours se termine par un chaud éloge de la Société des Ingénieurs Civils « ce rendez-vous de la théorie et de la pratique intelli-» gente, ce point de réunion où les directeurs d'entreprises rivales » viennent puiser, dans des relations presque quotidiennes, des senti-» ments de tolérance et de conciliation réciproque, unissant leurs com-» muns efforts dans la voie du progrès.

« C'est par là que les Ingénieurs Civils, de ce qui aurait pu n'être qu'un » métier, ont su faire une profession libérale, et ont ouvert à l'activité » humaine et à la science pratique une nouvelle et magnifique carrière. »

Les années vont se suivre justifiant le programme si largement tracé.

En 1857, Callon constate que la Société est définitivement sortie de cette période d'accroissement lent et laborieux pendant laquelle elle eut à traverser des jours difficiles — puis il a des paroles émues pour Péclet, — le célèbre professeur, fondateur de l'École Centrale qui, en combinant les données exactes de la Science avec les faits épars dans les ateliers industriels, a su accomplir pour la physique appliquée, et avec non moins de bonheur, ce que Monge avait fait avant lui pour la géométrie.

En 1858, Flachat rappelle qu'il y a neuf ans, lors de sa première présidence, il a succédé déjà à Callon, qui, le premier fut Président de cette Société, et à qui revient en grande partie le mérite de sa fondation.

Pendant les trois années que Flachat avait été maintenu au fauteuil, puis durant les cinq années que ce fauteuil avait été occupé par Perdonnet, Petiet, Vuignier, Polonceau, Mony, c'est sur les questions relatives aux chemins de fer que se sont particulièrement dirigés la discussion et les travaux de la Société.

L'échange des idées, l'intimité des rapports mutuels, l'habitude des communications utiles s'étaient tout particulièrement établis entre les membres de la Société des Ingénieurs Civils attachés aux chemins de fer.

Grâce à Callon, le même résultat a été atteint parmi les Ingénieurs Civils voués à des spécialités dans l'industrie générale.

La reconnaissance de notre Société lui est pleinement due à ce nouveau titre.

Puis Flachat déclare que l'acte le plus important qui ait eu lieu depuis la fondation de cette Société est celui par lequel le Gouvernement a adopté l'École Centrale des Arts et Manufactures, faisant entrer ainsi les Ingénieurs Civils dans le cadre des éducations professionnelles auxquelles s'attache une utilité pratique incontestable.

Il rappelle que Guizot avait dit aux hommes impatients :

» Il faut qu'une chose soit longtemps dans les idées et dans les intérêts avant d'entrer dans les institutions » et il ajoute : « Ces mots » s'appliquent à l'histoire de notre profession. Elle avait déjà reçu du » public sa consécration, elle vient de la recevoir du Gouvernement; » elle est maintenant définitivement instituée. »

Le rêve poursuivi, le but à atteindre étant toujours de faire concourir toutes les forces naturelles au bien-être de l'humanité.

Et à ce moment, que de résultats déjà obtenus !

La construction des locomotives avait amené dans celle des machines fixes une grande simplification du mécanisme ; celle des locomobiles y a ajouté encore. Les soins qu'exigent ces machines descendent de plus en plus à la portée des intelligences les plus ordinaires ; or, le progrès d'un outil est tout autant dans les effets à en attendre que dans l'extension du nombre de ceux appelés à s'en servir.

180 locomotives pour l'étranger viennent d'être commandées à des ateliers français — c'est l'année du câble transatlantique et du Great Eastern. — La part d'intérêt et d'activité de la France dans les chemins de fer étrangers s'accroît chaque jour, et dans toutes leurs missions nos Ingénieurs se sont acquis l'estime universelle par le double mérite de leur grande honorabilité et de leur forte instruction.

Pour continuer à obtenir, à développer de tels résultats, le Président demande à lever sur tous les Membres de la Société cette contribution du travail qui est nécessaire pour alimenter nos séances et qui est aussi l'un des bons moyens de s'attirer la considération publique.

« Il faut, dit-il, dès qu'un procédé important, aussitôt qu'une loi » nouvelle, un fait nouveau dans la science se produisent, que notre » Société en soit non seulement informée, mais que l'attention soit » éveillée sur leur avenir.

» Nous voyons accroître tous les jours l'importance des situations » occupées dans les affaires par les Membres de la Société; elle puise » là des forces nouvelles, il ne manque pour les produire que de vaincre » une timidité mal entendue, qui fait que le plus grand nombre de nous » considère comme un petit supplice d'attirer l'attention sur soi par des » exposés verbaux ou des discussions. »

Faure, en 1860, renouvelle le même appel au travail, et en 1861, Vuignier s'autorisant de sa nouvelle élection (il avait déjà été Président en 1854) et de ses soixante ans d'âge ne réclame pas que l'on revienne à l'enthousiasme des premiers jours (on demandait alors des séances hebdomadaires et aucun salon ne paraissait assez vaste, ni pour les réunions, ni pour les archives), mais il signale que ce n'est pas l'heure de ralentir le feu sacré au moment où la Société est en instance pour se faire reconnaître d'utilité publique.

L'année écoulée, Vuignier, au moment de quitter le fauteuil, annonce que, par décret du 22 décembre 1860, la reconnaissance est définitive.

Le fonds inaliénable de 50 000 *f* avait été rapidement réuni, grâce aux versements pour exonération de cotisation annuelle, aux souscriptions, aux dons volontaires.

Le Président avait rédigé une note serrée, précise, convaincue, donnant des preuves indiscutables de la vie intense de la Société, — la série des services déjà rendus, — les noms des membres les plus distingués, et, ajoutait-il, quand ces membres sont aussi nombreux, leur mérite doit évidemment être reporté au corps même qu'ils constituent ; il doit suffire de les citer, pour justifier complètement cette assertion.

Dans les sciences comme dans les travaux publics : les Seguin, Perdonnet, Mony, Flachat, Degousée, Petiet, Polonceau, Callon, Faure, Rhoné, Yvon-Villarceau et *tutti quanti*, sont assez connus pour qu'il ne soit pas nécessaire de rappeler leurs mérites incontestables et incontestés.

Il en est de même dans l'industrie, pour les Benoit-d'Azy, de Blonay, Chevandier, Clément-Desormes, Dufournel, Darblay, Estoublon, Gaudet, Hamoir, Petin, Schlumberger.

Dans les constructeurs de machines, la Société peut citer avec orgueil, au nombre de ses membres : les Breguet, Bourdon, Buddicom, Caillet, Calla, Castor, Cavé, Duméry, Farcot, Forquenot, Gouin, Houel, Mazeline, et tant d'autres.

L'Administration pleinement convaincue, le décret était signé et transmis avec les témoignages les plus sympathiques.

En 1861, pour la Société ainsi reconstituée qui doit arrêter définitivement son règlement, un président indiscuté est tout désigné.

Flachat, pour la sixième fois, est appelé au fauteuil.

En 1862, Tresca est spontanément élu, — l'année s'écoule bien remplie, — en outre des séances bimensuelles, dix séances ont été tenues à Londres même, pendant la période de l'exposition.

C'est lui qui baptise la Société d'un titre qui lui est resté si justement acquis.

« La Société des Ingénieurs Civils », dit-il, « est la véritable Académie des Arts techniques. »

En 1863, le général Morin, élu à son tour, remercie la Société d'avoir, sans doute, voulu caractériser d'une manière plus formelle encore que par le passé, l'alliance intime qui, pour les travaux de l'Ingénieur Civil, doit exister entre la science et la pratique.

Puis le général est heureux de développer cette pensée : « Les arts de » la guerre ne sont pas autant qu'on pourrait le croire (même sans le » rapprochement classique) étrangers aux arts de la paix. »

« Combien d'entre vous, messieurs, dit-il, ont contribué aux succès » de nos armes ; sans le concours puissant des chemins de fer qu'ils ont » créés, sans l'activité des services qu'ils ont dirigés, l'armée d'Italie » n'eût pas été réunie, armée et approvisionnée avec une si prodigieuse » activité.

» Et à l'inverse si nos poudreries n'avaient pas (réinstallées et reconstruites) porté de 500 à 6 000 *t* leur production annuelle, est-ce que les » travaux des chemins de fer, ces gros consommateurs, n'auraient pas » été entravés ou ralentis ? »

En 1864, Petiet, déjà Président onze années auparavant, remplace au fauteuil, M. le général Morin qui se trouve appelé cette même année à présider l'Académie des Sciences et que notre Société nomme à l'unanimité Président honoraire.

En 1865, Salvetat remplace Petiet et trace un large et brillant programme des travaux auxquels il convie les Membres de la Société.

Nozo déclare modestement ne vouloir, en 1866, que déblayer le terrain à son successeur dont la tâche sera bien lourde pendant la période d'exposition, et est remplacé en 1867 par E. Flachat, qui occupe le fauteuil, pour la septième fois.

Dans une étude nouvelle de la carrière de l'Ingénieur Civil, Flachat traite, avec une précision remarquable, la question du recrutement dans notre Société.

« Comment nous recrutons-nous? dit-il.

» Les membres sociétaires sont choisis parmi ceux qui exercent ou » qui ont exercé la fonction d'Ingénieur, et les membres associés parmi » ceux qui s'occupent spécialement de l'étude des sciences qui se rapportent à l'art de l'Ingénieur, ou parmi les industriels.

» Le nombre des membres associés ne doit pas excéder le 1/5 des » membres sociétaires.

» Vous accueillez parmi vous, sans examen, sans discussion, au sortir » même de l'école, les élèves diplômés de nos grandes écoles techniques, » vous examinez, au contraire, avec beaucoup de soin les titres de l'Ingénieur dont les antécédents, comme instruction, ne sont établis que » par la fonction qu'il exerce, ou par les travaux qu'il a réalisés.

» Vous avez donné à votre Comité la preuve d'une confiance entière, » en accueillant toutes ses propositions d'admission.

» Vous avez pu savoir que votre Comité exerçait un contrôle vigilant » sur les demandes d'admission et que toutes ne recevaient pas de lui » le même accueil.

» Vous n'avez pas été saisis de ses refus, parce que le secret de ses » actes, à cet égard est imposé ou qu'il a su prévenir les candidatures » inadmissibles.

» Si cette confiance de votre part, implique une certaine responsa-
» bilité pour le Comité, elle nécessite de la part de ceux qui proposent
» des adjonctions de demander préalablement quelques conseils sur l'ad-
» missibilité de celui qu'ils veulent patronner.

» Pour agrandir notre sphère d'action sur les adjonctions désirables
» il importait de vous dire ces choses.

» Notre Société a tout intérêt à accueillir, à rechercher même, les
» hommes qui ont emprunté au travail leur instruction, qui se sont
» faits ainsi eux-mêmes.

» S'ils occupent des situations qui les mettent à même d'aider les
» premiers pas des jeunes Ingénieurs, s'ils ont les notions théoriques
» indispensables à la direction de leurs travaux, s'ils peuvent être
» consultés avec fruit sur des moyens, des procédés, des méthodes qui
» intéressent l'art; en entrant parmi nous, avec des antécédents irré-
» prochables, ces hommes apportent une grande force à notre Société,
» la complètent et accroissent la valeur pratique de nos discussions.

» Plus l'art et la science progressent, moins nous sommes individuel-
» lement complets, moins nous sommes au courant, plus nous avons
» besoin d'aide, de concours et surtout du concours des nôtres. »

Les Présidences de MM. Love 1868 et Alcan 1869, conduisent la Société à l'année de la guerre.

Aux présidences de MM. Vuillemin et Yvon-Villarceau, en 1870 et 1871, se rattachent les souvenirs du concours puissant apporté par le génie civil à la défense de notre territoire.

Pour l'étude de ce quart de siècle, de la première période d'existence de notre Société, de cette époque déjà lointaine, pendant laquelle devaient se régler d'une façon définitive les conditions de notre vie — ne vous semble-t-il pas qu'il y avait lieu de suivre, année par année, les étapes franchies.

Mais, les Collègues que, depuis 1870, vous avez appelés à votre tête, sont heureusement encore bien nombreux au milieu de nous et leurs discours applaudis sont présents à tous les esprits.

Si, comme hier, la mort vient nous enlever un de ces chefs aimés, la voix qui dit notre douleur retrace aussi les grandes lignes d'une vie dévouée aux intérêts de notre Société.

Sur un terrain mieux connu de tous, nous pouvons marcher à plus grands pas.

« C'est à l'architecture, à l'art supérieur, qui ambitionne de fixer la
» forme des édifices que je me suis consacré toute ma vie. »

Ainsi nous disait, en 1882, dans son substantiel et humoristique discours, notre ancien Collègue, notre ami, M. le député Trélat, et il ajoutait :

« Or, de tout temps, il a fallu considérer l'édifice à un triple point de
» vue: le service qu'on en attend, l'organisme qu'il comporte, et l'unité
» plastique qu'il révélera.

» Le génie civil a fait une merveilleuse conquête, il s'est approprié
» l'un des trois facteurs de l'architecture.

» Il a fait de l'organique des édifices une énorme science concrète,

» qui lui permet, à l'heure actuelle, de fixer victorieusement la quan-
» tité de matières qui fournira la somme de résistance, de stabilité, de
» durée nécessaire, à une application quelconque...

» Mais cette science, il ne faut ni la confondre avec l'architecture,
» ni dédaigner les capacités collectives et les facultés dépensières de
» celle-ci. »

Facultés dépensières ! Je ne sais si M. Marché avait relevé ce terme, mais par un curieux rapprochement, en 1883, remplaçant M. Trélat au fauteuil, il rappelait que Napoléon Ier s'était souvent préoccupé de la singulière et rapide disparition des grandes familles de la noblesse française qui, après avoir jeté le plus vif éclat, s'étaient tout à coup dispersées, il avait fait faire des recherches nombreuses et était arrivé à cette conclusion, que devenus trop riches, les porteurs des plus grands noms de France avaient perdu leur fortune, ruinés par leurs intendants...., et surtout par leurs architectes.

Ces architectes c'étaient les grands artistes des XVIe et XVIIe siècles auxquels on doit ces joyaux de la France qui s'appellent Anet, Chenonceaux ou Chambord et toutes les merveilles des bords de notre Loire.

Mais avec l'architecte doublé d'un ingénieur rien n'est à craindre, ni pour les budgets publics, ni pour les budgets privés; votre nouvel hôtel en sera la preuve.

Les Annales de Briare enregistrent le souvenir des visites faites par Sully, le grand voyer de France, venant de son château de Sologne pour « reconnaître les accidents de terrain, relever les hauteurs et les déclins des montagnes » et étudier le tracé du canal de Briare.

Le rappel bien intéressant fait par M. le Président Hersent dans son discours de 1886, du prix de main-d'œuvre indiqué par Perronnet dans son grand ouvrage sur le pont de Neuilly et la comparaison de ces prix avec ceux relevés par M. Hersent à d'autres époques, donnent le curieux tableau suivant :

DATES	MANŒUVRES ET TERRASSIERS	OUVRIERS DE MÉTIERS	PRIX DU MÈTRE CUBE DE MAÇONNERIE BRUTE
1782-83	1,25 à 1,50*f*	2 » à 2,25*f*	20 »*f*
1848.	2 » à 2,50	4 » à 5 »	20 »
1886.	4 » à 4,50	6 » à 8 »	20 »

On n'a pas les prix que Cosnier en 1604, puis Boutheroue et Guyon en 1635 payèrent à leurs ouvriers pour les travaux du canal de Briare, mais il reste, au moins, une indication assez curieuse.

Le paiement se faisait au moyen de jetons, bons de pain, de viande et de vin. Sur ces jetons que nous avons eus entre les mains, on trouve, à la face un emblème justificatif, au revers une légende explicative.

Pour le pain, la gerbe de blé et « Fulcimentum laboris », la base, le soutien indispensable du travail.

Pour la viande, un porc et « Supplementum necessitatis » !

Pour le vin, la grappe et la coupe et la formule élégante « Recreatio laboris ».

Les chiffres précis manquent également pour la dépense totale de ce grand et beau travail en cours d'achèvement à Briare, le pont canal sur la Loire.

Ce sont des Membres de votre Société qui en furent les adjudicataires.

Vous connaissez les données générales de l'ouvrage :

Une poutre de 15 travées solidaires, de 40 *m* chacune sur la Loire.

Une bâche métallique pour une voie de bateaux ayant 7,25 *m* entre poutres maitresses;

Chemins de halage en encorbellement, partie intérieur, partie extérieur;

Largeur totale entre garde-corps	11,50 *m*
Pour les aciers profilés charge de rupture	40 à 45 *kg*
Allongement minimum avant rupture.	20 à 25 0/0
Limite d'élasticité.	24 *kg*

Limite de travail 10 *kg* par millimètre carré de section, sans déduction des sections des rivets.

La partie métallique pèse 2 777 *t.*

La bâche étant pleine (avec un mouillage de 2,20 *m*) le poids total par mètre courant est de 22 1/2 *t.* Chaque travée de 40 *m* pèse donc 900 *t.*

Mais il reste encore à résoudre un bien intéressant problème, si légitimement remis à l'ordre du jour; le problème de la Loire navigable.

Bien mieux que nos canaux et nos rivières, nos voies ferrées se sont développées et transformées, et elles sont aujourd'hui à même de supporter dignement la comparaison avec celles dont Robert Stephenson faisait le brillant tableau.

D'après les documents de la discussion récente du budget des travaux publics, en France, en 1895, la longueur moyenne exploitée était de 36 200 *km* contre 34 000 en Angleterre, mais les recettes brutes restaient chez nous sensiblement inférieures; 1 milliard 264 millions en France, contre 2 milliards 55 millions en Angleterre, comme l'indique le résumé suivant :

	KILOMÈTRES				
	FRANCE	ANGLETERRE	ALLEMAGNE	AUTRICHE-HONGRIE	RUSSIE
Longueur moyenne exploitée { 1886 .	30 696	31 105	37 199	22 703	25 923
Longueur moyenne exploitée { 1895 .	36 240	34 069	44 927	28 663	33 643
Augmentation totale	5 544	2 964	7 728	5 960	7 720
Augmentation moyenne.	616	329	859	514	858
Rapport à la longueur moyenne . . .	1,8 0/0	1 0/0	2,1 0/0	2,6 0/0	2,9 0/0
	MILLIONS				
Recettes brutes. . . . . { 1886 .	1 036	1 682	1 243	515	592
Recettes brutes. . . . . { 1895 .	1 264	2 055	1 872	740	1 038
Augmentation totale	228	373	629	225	446
Augmentation annuelle moyenne. . .	25,3	41,5	70	25	49,5
Rapport à la recette moyenne	2,3 0/0	2,2 0/0	4,5 0/0	4 0/0	6 0/0

Dans tous les pays, mais nulle part aussi accusée que chez nous, s'est produite de 1879 à 1883, une poussée de trafic, suivie d'une crise dont le maximum répond à 1886.

Depuis cette époque, la progression des recettes s'est poursuivie partout avec une remarquable régularité, mais bien plus rapide dans les pays dont l'essor industriel est relativement récent, comme l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie et surtout la Russie.

Mais la circulation des voyageurs et le mouvement des objets de consommation doivent croitre plus vite dans les pays où le nombre des habitants est lui-même en voie de développement rapide.

Pendant les neuf années étudiées, la France est le seul pays dont la population soit restée à peu près stationnaire, tandis que l'augmentation annuelle moyenne était :

En Angleterre, de	293 000	habitants
En Allemagne, de	466 000	—
En Autriche-Hongrie, de	331 000	—
Et enfin, en Russie, de	879 000	—

Que de bons exemples à suivre !

Quant à la vitalité de votre Société, mes chers Collègues, elle est indiscutable et, sur le chemin même que je parcours bien souvent, j'en retrouve la preuve à chaque pas.

A la gare du P.-L.-M., dont la transformation se réalise avec autant de rapidité que de calme, c'est un des vôtres qui élève l'ossature élégante et puissante des bâtiments nouveaux.

A la Banque de France, l'Ingénieur en chef de la fabrication des billets est des vôtres ; vous comptez un censeur sur trois et quatre régents sur quinze.

Pour l'Exposition de 1900, le nombre des vôtres, Membres des Comités d'admission, est plus élevé que jamais.

Ce nombre était de 28 en 1867, de 71 en 1878, de 193 en 1889. Cette année, il est supérieur à 300 et, dans certaines classes, il dépasse 50 0/0 du total des membres nommés.

Cette gare de Lyon dont je vous parlais il y a un instant, me rappelle un intéressant rapprochement.

A propos de la liaison intime des arts de la Guerre et des arts de la Paix, votre ancien Président, le général Morin, vous disait que, sans les chemins de fer, notre armée d'Italie si rapidement équipée, transportée, concentrée, approvisionnée, n'aurait peut-être pas remporté les succès éclatants de 1859.

Récemment, dans un de ses discours toujours heureux, le sympathique et distingué directeur de la Compagnie de Lyon donnait à la même pensée une ampleur singulièrement éloquente.

« Il faut croire, disait-il, que les peuples de l'Europe tiennent furieu-
» sement à la paix, car, en aucun temps, on ne s'est plus attaché à pré-
» parer la guerre.....

» Nous ne sommes plus à l'époque où les destinées des nations se dé-
» cidaient dans des batailles de quelques milliers d'hommes. On s'en-
» tre-tuait déjà, mais si peu, et on y mettait le temps.

» Napoléon a déjà changé tout cela avec des armées si rompues à la » marche qu'on se prend parfois à se demander si elles n'avaient pas de » voies de fer à leur disposition...

» Aujourd'hui, ce sont les nations entières qui seront sous les armes » et pour les transporter le plus rapidement possible, avec le plus d'or- » dre possible, pour les nourrir et les ravitailler, les chemins de fer » deviennent un des principaux facteurs des guerres futures. »

C'est donc avec la même conviction et le même zèle, sachant travailler au plus grand des intérêts de la patrie, que vous continuerez sous toutes ses formes cette étude des chemins de fer qui a été pour votre Société, l'objet des débats les plus attachants et les plus passionnés.

Mais c'est surtout pour une œuvre de paix, que nos grandes Compagnies se préparent, élargissant leurs gares ou prolongeant leurs voies jusqu'au centre de notre ville.

C'est pour cette Exposition de 1900, dont M. Alfred Picard, le distingué Commissaire général, a si bien su, en maintes circonstances, dépeindre la caractéristique attrayante : « L'outil qui fabrique fonctionnant auprès de l'objet fabriqué », en répandant dans l'exposition tout entière, ce mouvement, cette vie, que la galerie des machines semblait seule autrefois avoir le droit de monopoliser.

Nous ne sommes pas, cependant, sans avoir contre l'Exposition un bien sérieux grief, puisque, sans les occupations multiples qu'elle lui cause et auxquelles il se donne avec tant d'intelligent dévouement et de parfaite diplomatie, l'honorable Directeur général de l'Exploitation, votre Vice-Président d'hier, M. Delaunay-Belleville, ne se serait pas soustrait, cette année, à l'honneur de votre Présidence.

Mais, presque tous maintenant, nous nous sommes mis à l'œuvre, nous avons entendu la parole chaude, convaincante de M. Dervillé, le Directeur de la Section Française, nous développer le rôle des Comités départementaux drainant les richesses exposables de notre France pour les amener aux Comités d'admission qui, eux, trient, criblent, tamisent les offres et les demandes, ne laissant arriver que ce qui sera un titre de gloire pour notre industrie française.

Vous allez réaliser, mes chers Collègues, avec les fêtes de votre Cinquantenaire, une véritable préparation à l'Exposition Centennale, en ressortant des comptes rendus de nos travaux l'histoire des progrès de l'Industrie et de la Science pendant cette dernière et féconde moitié de notre siècle.

Vous trouverez aussi, dans vos chroniques si complètes, si documentées, la marche de ce progrès chez les nations amies avec lesquelles, entre Sociétés similaires de la vôtre, vous avez, de vieille date, entretenu les meilleures relations, les plus agréables échanges.

Aussi, mes chers Collègues, lorsqu'à vos fêtes, à votre Congrès du Cinquantenaire, vous recevrez vos invités étrangers avec joie et reconnaissance, heureux de répondre à l'accueil bien cordial qui vous a été fait si souvent, hors de notre France, vous aurez déjà, dans ces deux résumés, un large et intéressant programme de travail.

Mais vous aurez aussi la joie de faire visiter à vos invités à cet état de début, de mise en œuvre si goûté par l'Ingénieur, les chantiers de l'Ex-

position naissante dont M. le Commissaire général a bien voulu annoncer à votre Président qu'il tiendrait pour nous les portes largement ouvertes. Le soir, des communications spéciales relatives aux travaux visités ne seront pas sans attrait.

Et puis, comme complément naturel, indispensable, de nos travaux, nous aurons quelque étude d'ensemble sur les questions d'économie sociale si bien indiquées par M. Cheysson, lors de la visite toute récente de notre hôtel par la Société d'Économie Sociale et si bien présentées, pour ce qui nous concerne, dans le magistral travail de notre dévoué Trésorier, le marquis de Chasseloup-Laubat.

Et nous espérons, car nous aurons, dans ce but, groupé tous nos efforts, que nos invités retourneront chez eux, heureux de leur passage au milieu de ceux qui leur ménagent l'accueil chaleureux de la solidarité professionnelle et de la bonne camaraderie.

Nous espérons enfin, qu'heureux aussi de l'impression emportée par eux de cette primeur de notre grande exposition, ils nous reviendront en 1900, plus nombreux et pour plus longtemps.

MES CHERS COLLÈGUES,

A cette réunion du 15 octobre 1897, pour la première fois organisée par le Commerce et l'Industrie, M. le Président de la République terminait par un chaleureux appel, fait en vue de 1900, au concours de tous, par ces mots : « En avant, Messieurs, en avant par l'initiative et par le » travail, pour la gloire et pour la grandeur de la Patrie ».

Quant à la Société des Ingénieurs Civils, elle va, grâce à vous, mes chers Collègues, multiplier ses efforts et redoubler son zèle et vienne 1900, elle montrera qu'elle a pleinement, largement répondu à l'appel du Chef de l'État. *(Très bien! Très bien! Applaudissements prolongés.)*

PRÉSIDENCE DE M. A. LOREAU, PRÉSIDENT.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a la douleur de porter à la connaissance de la Société le décès de plusieurs de ses Membres :

M. H. Bécot, Membre de la Société depuis 1891, Entrepreneur de sondages;

M. J. Bonnet, Membre de la Société depuis 1895, Ingénieur à la Compagnie de Fives-Lille;

M. L. Lechner, Membre de la Société depuis 1881, Ingénieur en chef des travaux de la ville de Budapest, conseiller au Ministère du Commerce Hongrois, ancien Vice-Président de la Société des Ingénieurs et Architectes de Hongrie;

M. P. W. Schild, Membre de la Société depuis 1887, Ingénieur du gouvernement Égyptien;

M. Ch. Thouin, Membre de la Société depuis 1852, Ingénieur en chef honoraire des services actifs de la Compagnie du chemin de fer du Nord, officier de la Légion d'honneur;

M. L. **Martin**, Membre de la Société depuis 1854, ancien Président de la Société, Ingénieur en chef honoraire du chemin de fer de Vincennes, Président honoraire de la Société des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers, officier de la Légion d'honneur.

Notre Président, M. Lippmann, a dit, sur la tombe de M. Martin, l'estime que nous avions pour ce Collègue et les regrets que nous avons eus de le voir ravi à notre affection. *(Approbations unanimes.)*

M. LE PRÉSIDENT lit, avec bonheur, dans les promotions de la Légion d'honneur la nomination au grade d'officier de nos deux anciens Présidents : M. P. Buquet et G. du Bousquet.

M. le Président ne laissera pas passer le nom de M. P. Buquet sans lui témoigner la sympathique reconnaissance des Membres de la Société au sujet de tout ce qu'il a fait pour elle. Son mérite et ses titres à notre gratitude sont dans l'esprit et dans le cœur de tous. *(Très bien! très bien!)*

M. le Président est également heureux de rappeler les services que M. du Bousquet a rendus à l'industrie des chemins de fer.

Il est donc certain que tous nous applaudirons à cette double nomination. *(Vifs applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT se félicite encore de faire connaître une autre nomination au grade d'officier de la Légion d'honneur, celle de M. Dulau, et les nominations au grade de chevalier de MM. A. Berton, A. Bonnefond, L. Coiseau, L. Courtier, J.-P. Grouvelle, A.-M. Kowalski, J. Lamaizière, T.-J. Le Cœur, A.-J. Michelin, H.-G. Pinget, E.-L. Plichon, L.-A. Pralon, J.-C. Prevet, A. Sacquin, A.-J.-H. Salin, A.-C.-D. Wallaert.

M. LE PRÉSIDENT a aussi le plaisir d'annoncer que :

MM. E. Cacheux, H.-G. Couriot, J. Fleury, E. Pontzen, ont été nommés Membres du Comité des travaux publics des Colonies pour deux ans;

M. Menier a obtenu à l'Exposition de Bruxelles un diplôme de grand prix;

M. J. Garçon a définitivement reçu le prix Daniel Dollfus, que lui a décerné la Société Industrielle de Mulhouse pour son répertoire universel de Bibliographie des Industries tinctoriales;

M. Ch. Frémont est une seconde fois lauréat de l'Académie des Sciences pour ses belles recherches sur les propriétés des métaux. Son plus récent mémoire qui vient d'être primé est inséré dans notre *Bulletin* de novembre.

M. LE PRÉSIDENT dit que nous avons reçu de nos Collègues les Ingénieurs Russes le télégramme suivant dont il a plaisir à donner lecture :

« Réunis au banquet annuel, les Ingénieurs Civils Russes boivent, au son de la Marseillaise, à la santé de leurs Confrères et Camarades Français et à la gloire du génie civil.

» Au nom des Camarades,

» SOULTANOFF. »

Nous avons répondu par le télégramme suivant :

« La Société des Ingénieurs Civils de France remercie ses Collègues Russes et leur adresse ses souhaits sympathiques pour 1898.

» *Le Président*, Ed. LIPPMANN. »

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société a reçu avis que le Congrès des Sociétés savantes sera ouvert, à la Sorbonne, le mardi 12 avril prochain. Les travaux se poursuivront les 13, 14, 15 et 16 avril.

Ceux de nos Collègues qui désirent prendre part à ce Congrès sont priés de se faire inscrire au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans la séance du 3 décembre dernier, il a été décidé de dresser une liste de délégués au Congrès international de Navigation qui se tiendra à Bruxelles en 1898. Cette liste est ainsi composée :

MM. H. Hersent et L. Molinos, anciens Présidents; J. Fleury, ancien Vice-Président ; L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier ; E. Pontzen, membre du Comité; A. de Bovet, L. Champouillon, L. Coiseau, J. de Cordemoy, Ch. Cotard, A. Couvreux, E. Duchesne, Th. de Goldschmidt, Le Brun-Raymond, L. Lombard-Gérin, J. Massalski, J. Rueff, M. Satre, E. Sautter, A. Séguin et V. de Timonoff.

M. LE PRÉSIDENT engage ceux de nos Collègues qui voudraient se joindre à cette Délégation à se faire inscrire au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. V. Thirion, nouvellement admis comme membre de la Société, a fait à celle-ci un don de 50 *f*.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que :

M. F. Honoré a adressé une lettre au sujet des *Automobiles Poids lourds ;* cette lettre a été insérée au *Bulletin* (procès-verbal de la séance du 3 décembre) ;

M. de Rey-Pailhade a envoyé un travail sur *le temps décimal.*

Parmi les autres ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale :

Les *Ciments et chaux hydrauliques*, par M. Candlot;

Les *Gisements aurifères de Sibérie*, par M. de Batz;

Les *Comptes rendus du deuxième Congrès international de Chimie appliquée* organisé par l'Association des Chimistes de sucrerie et de distillerie ;

Le sixième fascicule des cours de *Mécanique appliquée aux machines* de M. Boulvin ; ce fascicule est relatif aux locomotives.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. A. Brüll pour présenter à la Société une publication due à *la Société philomathique de Bordeaux.*

M. A. BRÜLL signale à la bienveillante attention de la Société une nouvelle publication dont il présente les deux premiers numéros et dont le service sera continué à la bibliothèque. La *Revue philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest* est éditée par la Société philomathique dont la treizième exposition a obtenu, en 1895, un si brillant succès.

Cette Société, fondée en 1808 et qui faisait suite, à cette époque, à des institutions analogues établies en 1783 et 1801, a pour objet : « tout ce qui peut contribuer au progrès des connaissances utiles et agréables.....

Elle concourt au progrès des sciences, des arts, de l'industrie et de l'instruction publique; accorde, dans ce but, des récompenses et des encouragements; fait des expositions; institue des cours pour l'enseignement intellectuel et moral et publie..... ses propres travaux et ceux qui lui sont adressés..... »

La Société philomathique de Bordeaux a répandu autour d'elle la bienfaisance et l'assistance morale sous les formes les plus ingénieuses; elle a ouvert des cours publics ; elle a fondé des conférences, des congrès et des expositions. La Société, déclarée d'utilité publique en 1866, compte aujourd'hui plus de 800 membres et possède un budget annuel de plus de 95 000 *f*, dont la plus grande partie est affectée aux besoins de son enseignement.

L'œuvre d'enseignement a commencé en 1839 par l'ouverture de quatre cours primaires de lecture, d'écriture, de grammaire et de calcul. Les enfants des ouvriers de Bordeaux, auxquels l'instruction primaire n'était donnée alors qu'avec parcimonie, entourèrent en foule les nouvelles chaires, et la modeste fondation, encouragée par l'autorité, trouva, dès le début, le succès. Le niveau de l'enseignement s'éleva peu à peu, des cours professionnels furent consacrés aux spécialités intéressant le plus directement la contrée. Après les enfants, on s'adressa aux adultes, puis aux femmes et, aujourd'hui, la Société entretient 89 cours dans divers quartiers de la ville. Ces cours reçoivent 2 509 élèves ayant pris 3 291 inscriptions.

La Société philomathique a la direction de l'École Supérieure de Commerce et d'Industrie fondée en 1874 par la Municipalité et la Chambre de Commerce, et reconnue par l'État en 1890; elle s'occupe maintenant de la création d'une école d'apprentissage.

Elle a réuni, avec plein succès, trois congrès internationaux d'enseignement technique (1886-1889-1895); depuis un grand nombre d'années, elle donne régulièrement des séries de conférences publiques et gratuites sur des sujets de tout genre. Enfin, elle publie un bulletin annuel et de nombreux rapports spéciaux.

La Société a organisé des expositions périodiques dont la première remonte à 1827; elle comptait soixante exposants et dura quarante jours. La dernière a été universelle et internationale et sa prodigieuse réussite est encore dans toutes les mémoires. Ouverte pendant six mois, elle a réuni plus de 10 000 exposants et reçu plus de deux millions de visiteurs.

L'importance des résultats obtenus par la Société philomathique, la place prépondérante qu'elle occupe dans le domaine de la philanthropie, de la science, de l'industrie et des arts, sont de sûrs garants de la réussite de la publication qu'elle vient d'entreprendre.

C'est une revue mensuelle, du même format que nos bulletins; elle se présente modestement comme l'ont fait avant elle les autres créations de la Société, car le prix d'abonnement est fixé à 6 *f* seulement par an. Mais son programme est large et permet pour l'avenir tous les développements et toutes les espérances. Il suffit, pour s'en convaincre, de lire le sous-titre de la revue :

Sciences pures et appliquées, lettres, beaux-arts, industrie, colonisa-

tion, économie politique, enseignement technique, actes de la Société philomathique, chronique des Sociétés savantes et des Sociétés philanthropiques de Bordeaux et du sud-ouest.

Dans les numéros de décembre 1897 et de janvier 1898, se trouvent trois articles techniques. On y lit l'explication par M. Em. Gossart, Professeur à l'Université de Bordeaux, d'une nouvelle méthode d'analyse des mélanges liquides. Cette curieuse méthode est basée sur la propriété que présentent les liquides de pouvoir, dans certaines conditions, rouler sur eux-mêmes en gouttes sphéroïdales ; le roulement peut être obtenu quand les gouttes sont de composition à peu près identique au liquide sur la surface duquel on les laisse tomber ; il ne peut absolument pas être réalisé dès qu'il y a un écart sensible de composition entre les deux liquides.

Puis vient une étude sur l'embouchure de la Gironde par M. le lieutenant de vaisseau Hautreux, avec cartes montrant les modifications survenues depuis 1706.

Il y a enfin un article, avec dessins et reproductions photographiques, qui donne la description de la halle métallique de la gare de Bordeaux-Saint-Jean, par M. Fournes, Ingénieur chargé des travaux de cette gare.

La halle Saint-Jean couvre 17 310 m^2 de surface et se trouve la plus importante de celles de ce genre exécutées sur les divers réseaux de chemins de fer. Elle a été construite et montée par MM. Daydé et Pillé.

La rédaction de la « Revue » est confiée, sous l'autorité du Comité d'administration de la Société philomathique, à un comité spécial dont les membres ont été choisis parmi les notabilités de la ville ayant une compétence reconnue.

M. Brûll espère que la Société voudra bien remercier la Société philomathique de Bordeaux de ses intéressantes communications et souhaiter avec lui à la jeune « Revue », le succès que la vénérable Société a su assurer jusqu'ici à ses autres entreprises de saine et intelligente décentralisation.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. A. Brûll de sa très intéressante communication ; il connaissait déjà de réputation la Société philomathique de Bordeaux. Son passé est un garant de l'intérêt de sa nouvelle publication.

Il est donné lecture, en première présentation, de demandes d'admission de MM. Ch.-A. Barth, M. Blondel, F.-A. Bonnefond, I. Fernandez, E. Foucart, A. Gauchet, A.-H. Gauthier, R. Godfernaux, A. Lecomte, Ch. Simonot et F. Urbain, comme membres sociétaires.

MM. L. Arraou, E. Avril de Gastel, L. Berthon, P. Garnier, J.-C. Laffargue, W. Pastakoff et J. Robert sont reçus Membres sociétaires

Et MM. V. Boissart, Ch.-P.-E. Durier, J. Grégoire et V.-A. Thirion, Membres associés.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Le Secrétaire,
P. JANNETTAZ.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 JANVIER 1898

Présidence de M. A. Loreau, Président.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. le Président fait donner lecture d'une lettre de M. A.-J. Boyer qui signale une erreur dans son nom à la page 9 du dernier procès-verbal.

Sous réserve de cette rectification, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de deux de nos Collègues :

M. Eugène Dollot, Membre de la Société depuis 1896; a été Entrepreneur de travaux publics et Ingénieur-Conseil de diverses Sociétés;

M. le comte Anatole Lemercier, Membre de la Société depuis 1872, député; a été Président du Conseil général de la Charente-Inférieure, Président du Chemin de fer des Charentes, maire de Saintes, et administrateur du Crédit Industriel et Commercial, chevalier de la Légion d'honneur.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que :

MM. E.-E. Marchand-Bey et P.-M. Fauquier ont été nommés chevaliers du Mérite agricole;

M. E. Horn a été nommé Membre de la Commission hongroise de l'Exposition Universelle de 1900.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus spécialement :

Le *Compte rendu du 3e Congrès annuel de la propriété bâtie de France* tenu les 31 mai, 1er, 2 et 3 juin, et organisé par la Chambre syndicale des propriétés immobilières de la Ville de Paris, sous le patronage de l'Union des Chambres syndicales des propriétés bâties de France, et sous la présidence de M. Pouillet;

Un ouvrage remis par M. Ed. Badois à la dernière séance et intitulé : *L'Assainissement comparé de Paris et des grandes villes de l'Europe : Berlin, Amsterdam, La Haye, Bruxelles, Londres.* Tout à l'égout; canalisation séparée; épandage. Traitement chimique; filtration, par Edmond Badois et Albert Bieber;

Les deux premiers numéros de la nouvelle série des « Grandes Usines » de M. L. Turgan dont l'auteur, nouvellement nommé Membre de la Société, a bien voulu nous promettre le service de cette publication.

M. le Président dit que les noms de M. E. Chardon et de M. H. Stévenin ont été ajoutés à la liste des délégués de la Société au Congrès d'hygiène et de démographie qui se tiendra à Madrid en avril 1898.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que le Comité vient de s'occuper de la question du cinquantenaire de la Société, et que, d'accord avec la commission du monument Flachat, la date de la célébration du cinquantenaire sera la date même de l'inauguration du monument élevé à l'ingénieur d'élite — l'un des fondateurs de la Société, dont il fut sept fois le Président.

L'époque prévue est la fin du mois de mai.

La date dont nous voulons fêter l'anniversaire a semblé devoir être celle de l'année 1848, sans qu'il soit nécessaire d'adopter le mois même de la fondation qui aurait été le mois de mars. Le mois de mai sera plus agréable aux étrangers et plus favorable aux visites des chantiers de l'Exposition. Pour préparer les travaux en vue de cet anniversaire, le Comité s'est, tout à l'heure, divisé en sections chargées de s'occuper des diverses spécialités.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. Bellens a bien voulu se rendre à l'invitation d'assister à cette séance. Il le prie de prendre place au Bureau.

L'ordre du jour appelle une communication de M. E. Duchesne *sur quelques résultats d'essais de chaudières multitubulaires marines.*

M. E. DUCHESNE rappelle que, dans la séance du 21 janvier 1897, il a présenté une note relative à un type de chaudière marine militaire qui, d'après lui, réunirait la plupart des qualités désirables. Il ajoute que, ainsi que l'avait déjà dit M. L. de Chasseloup-Laubat, la chaudière parfaite n'existera jamais, pas plus en théorie qu'en pratique, parce qu'on est dans l'impossibilité de savoir exactement ce qui se passe à l'intérieur d'un générateur sous pression. Cependant, l'expérience prouve, qu'actuellement, les générateurs à tubes d'eau sont ceux qui donnent les résultats les meilleurs.

A propos de ce terme : *générateur à tubes d'eau*, M. Duchesne propose d'adopter les expressions suivantes :

Générateurs à *tubes d'eau;*

Générateurs à *tubes de flammes*, au lieu de générateur *aqua ou aquitubulaire*, et générateur *ignitubulaire* qui lui paraissent un peu plus difficiles à retenir. A l'étranger, d'ailleurs, on emploie des expressions simples :

Caldaie di *tubi d'acqua;*
Caldaie di *tubi di fiamma;*
Water-tube boiler;
Flame tube boiler.

M. Duchesne fait juger ensuite par des échantillons et des dessins des qualités des produits obtenus dans les usines françaises qui fabriquent des tubes de chaudières. Il a une grande satisfaction à constater, que ces produits sont largement équivalents aux produits similaires étrangers.

Il ajoute que, malgré tout ce qu'on a pu dire, les générateurs de notre flotte militaire sont bons, si on leur demande seulement ce qu'ils peuvent donner; il signale que, parmi les qualités principales, deux surtout sont à désirer :

1° *La siccité de la vapeur* qui permet le bon fonctionnement des machines;

2° *La facilité des réparations* qui rend les générateurs toujours disponibles et d'une très grande durée.

Parmi ces derniers, il a spécialement étudié le générateur construit par nos Collègues, MM. Niclausse, et il s'empresse de le signaler parce qu'il a eu beaucoup à s'en occuper, ses fonctions, en effet, l'appelant à se tenir, d'une façon continuelle et en toute indépendance, au courant des modifications apportées aux chaudières marines et des résultats qui en sont les conséquences.

Dans la marine française, vingt de ces générateurs sont installés à bord du croiseur *Friant;* ils ont donné un excellent résultat. Cependant la réputation de ce type de chaudière a été longue à s'établir parce que plusieurs auteurs en avaient publié une description inexacte et en avaient apprécié le fonctionnement d'une façon erronée. C'est ainsi qu'on leur a reproché d'avoir un foyer d'une hauteur trop réduite. M. Duchesne fait observer que cette défectuosité est spéciale au *Friant* dont la hauteur disponible sous barrots n'a pas permis de faire mieux. Dans les autres navires, cet inconvénient n'existe pas.

D'autres auteurs ont été plus justes et, à cette occasion, M. Duchesne remercie vivement M. Bertin, le savant Directeur du Bureau Technique au Ministère de la Marine qui veut bien nous honorer de sa présence, et qui a reconnu, dès l'abord, les qualités remarquables du générateur précité.

M. Duchesne, commentant le livre de M. Bertin, fait observer qu'il n'existe qu'une sorte de circulation qui est plus ou moins facile : comment, en effet, dire où finit la circulation limitée, où commence la circulation accélérée? Il en résulte que la plus grande production d'un générateur s'obtiendra par la circulation libre qui amène toujours une quantité d'eau suffisante sur les surfaces calorifères. Le générateur précité, en raison de la dilatation absolument libre de ses organes, résiste aux chauffes les plus intenses. Il a subi, dans ces derniers temps, des épreuves sévères dont il est toujours sorti à son avantage, entre autres la suivante : pendant dix heures de suite un générateur destiné aux torpilleurs de notre flotte a supporté une combustion de 400 *kg* de charbon par mètre carré de grille-heure; à la fin de l'essai les tubes n'avaient subi aucune déformation. D'ailleurs, les hauts faits du *Friant*, dans les dernières grandes manœuvres de notre escadre, ont prouvé la résistance de son appareil évaporatoire.

Le *Cristobal Colon*, croiseur cuirassé qui a reçu vingt-quatre chaudières semblables construites sous la surveillance de M. Duchesne, a donné des résultats identiques pendant les grandes manœuvres de l'escadre espagnole. Ses essais à Gênes, où il avait été construit, avaient été des plus remarquables, la vitesse au tirage naturel ayant dépassé de un dixième de nœud la vitesse qui avait été prévue pour le tirage forcé.

Le *Hkrabry* de la marine russe, muni de dix générateurs du même type, a donné d'excellents résultats. Mais, en outre, le commandant du navire a fait, en pleine marche, arrêter une chaudière, mettre bas les feux, vider, enlever trois tubes quelconques, les remplacer, remplir,

rallumer les feux et remettre en pleine marche, le tout en trente-cinq minutes. Jamais aucun générateur n'avait subi une pareille épreuve.

M. Duchesne montre ensuite les projections des chaudières du *Hkrabry*, du *Menhir* et de quelques autres navires. Il dit, à ce propos, que les constructeurs, préoccupés d'une objection qui leur avait été faite au sujet de la fréquence probable du nettoyage de leur générateur, ont procédé à des expériences parmi lesquels il signale celle du *Menhir*, remorqueur du port de Brest, dont les générateurs ont supporté plus de sept mille heures de chauffe sans aucun nettoyage ni démontage. A l'ouverture, les tubes ont été trouvés propres et en très bon état. Il termine par les projections du *Friant*, du *Cristobal Colon*, de l'*Elan*, des *Bateaux Parisiens* de la flotte de l'Exposition de 1900, qui sont tous munis du générateur précité. En seront également pourvus les navires suivants de la flotte française :

Le *Gueydon*	20 000 *ch*
Le *Kléber*	18 000
Le *Henri IV*	11 500
Le *Requin*	7 000
Le *Fleurus*	4 000
Le *Téméraire*	1 500
La *Décidée*	1 000

Les principales caractéristiques d'un certain nombre de ces navires et les résultats de leurs essais sont consignés dans le mémoire.

M. LE PRÉSIDENT ne peut que remercier M. Duchesne de sa communication; nous devons connaître tous les types de chaudières. La construction de cet appareil si important exige une étude très approfondie; nous ne pouvons mieux faire celle-ci qu'en présence de M. Bertin, l'éminent Directeur du Bureau technique au Ministère de la Marine, qui a bien voulu assister à cette séance, et qu'il prie de prendre place au Bureau.

M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT dit que, puisque l'ordre du jour comprend la discussion de sa communication sur les chaudières marines, il demande à présenter quelques observations qui, en même temps, serviront de complément à sa communication et de réponse à certaines affirmations de M. Duchesne.

1° En montrant à ses collègues des échantillons de tubes que lui avait remis un constructeur anglais, M. de Chasseloup-Laubat n'a jamais dit ni insinué que ces échantillons fussent supérieurs à ceux que l'on aurait pu obtenir en France; s'il n'a point montré d'échantillons français, c'est qu'il n'avait pu s'en procurer. Il avait si peu l'intention de prôner la fabrication des tubes en question — laquelle, sans être supérieure, est pourtant assez bonne pour se défendre par elle-même — qu'il n'a même pas voulu en parler dans son mémoire.

2° M. Duchesne critique les appellations aquitubulaire et ignitubulaire. M. de Chasseloup-Laubat désire donc expliquer comment il a été amené à les adopter.

Il voulait exprimer par un mot la périphrase « chaudière dont les tubes contiennent de l'eau ».

Les expressions dont on se servait généralement étaient « chaudière à tubes à eau », « chaudière à tube d'eau », « chaudière multitubulaire » et « chaudière aquatubulaire ».

M. de Chasseloup-Laubat a rejeté les appellations « à tubes à eau » et « à tubes d'eau » comme étant peu claires et n'indiquant pas, *a priori* si l'eau était à l'intérieur ou à l'extérieur des tubes.

L'exemple de la langue anglaise n'a rien à faire ici, la langue anglaise admettant, en effet, les mots composés de formation usuelle que n'admet point la langue française.

Cette dernière est donc beaucoup moins riche, mais beaucoup plus claire ; les mots composés y sont tirés du grec et surtout du latin qui constituent la base de notre idiome.

Quant au terme « multitubulaire », il ne signifie rien, sinon que la chaudière a un grand nombre de tubes, mais il ne donne aucune indication sur le contenu de ces tubes.

Restait donc le mot « aquatubulaire ». M. de Chasseloup-Laubat, qui ne désire nullement inventer des termes nouveaux, l'aurait certainement adopté s'il n'avait d'abord consulté un savant dont la réputation comme philologue est universelle et qui est actuellement administrateur du Collège de France, M. Gaston Pâris, que ses beaux travaux sur la formation de notre langue ont conduit d'abord à l'Institut, puis récemment à l'Académie Française. M. Pâris ayant déclaré qu' « aquatubulaire » n'était pas correct et que l'on devait dire « aquitubulaire » et « ignitubulaire ». mots ne prêtant à aucune ambiguité possible, M. de Chasseloup-Laubat, qui n'a nullement la prétention d'être un philologue, a cru devoir adopter ces deux mots en indiquant — page 439 de son mémoire — sur quelle indiscutable opinion il s'était appuyé.

3° M. Duchesne paraît penser que la chaudière Niclausse est supérieure aux autres sur tous les points. M. de Chasseloup-Laubat ne partage pas cette opinion.

Il répète ce qu'il a déjà dit, que la chaudière réunissant toutes les conditions théoriques de bon fonctionnement n'est pas encore construite, que la chaudière idéale n'existe point, peut-être même qu'elle n'existera jamais. Il estime que le générateur Niclausse est un bon appareil, présentant de nombreuses qualités, surtout une admirable facilité de démontage. Mais cette chaudière a également des défauts, qu'il serait facile de mettre en lumière.

Ces défauts ne sont certainement pas assez graves pour faire proscrire l'emploi du générateur Niclausse, ni pour empêcher que cet appareil ne doive être considéré comme offrant des garanties sérieuses de bon fonctionnement; mais ils suffiront à prouver que cette chaudière, comme toutes les autres, est très loin d'être parfaite.

4° En ce qui concerne la circulation, M. de Chasseloup-Laubat ne partage nullement les opinions de M. Duchesne.

Tout d'abord, il dit que des expériences bien conduites sur des tubes en verre donnent des indications précieuses sur les phénomènes qui ont lieu dans les grands appareils. Il répète ce qu'il a écrit pages 522 et 523 de son mémoire :

« Sans doute, les petites dimensions des modèles, et surtout les faibles » diamètres des tubes, ne permettent point de conclure absolument que » tout se passe exactement de la même manière dans les tubes de verre » du savant professeur Watkinson et dans les générateurs eux-mêmes; » les dimensions absolues des tubes jouent un rôle important. Pour- » tant, il faut ajouter que les observations ont présenté sensiblement » des résultats analogues avec le petit modèle de chaudière Yarrow » dont les tubes avaient 9,5 *mm* de diamètre intérieur, et un grand mo- » dèle du même système avec un tube en verre de 38 *mm* de diamètre » intérieur, c'est-à-dire sensiblement supérieur à celui des tubes des » générateurs Yarrow eux-mêmes; de plus, le minuscule modèle mé- » tallique de M. Thornycroft fonctionne absolument comme le modèle » du professeur Watkinson, bien que les tubes du second aient un dia- » mètre très supérieur à celui du premier. Il est donc permis de penser, » qu'au moins entre certaines limites, les phénomènes sont, dans les » chaudières, ce que nous les avons observés dans les modèles. »

Il a toujours observé une concordance parfaite entre ses propres résultats d'expériences faites avec des tubes en verre de faible diamètre à la pression atmosphérique et ceux des recherches de Yarrow et de Thornycroft sur des appareils métalliques de grandes dimensions fonctionnant sous des pressions parfois très élevées.

Naturellement, pour un même régime de vaporisation, des coefficients de réduction différents doivent être introduits suivant les pressions de régime différentes; mais c'est là un fait que M. de Chasseloup-Laubat a déjà mis en lumière dans son mémoire lorsqu'il a fait remarquer que son étude sur les cycles réversibles fournissait un argument inattendu en faveur des très hautes pressions.

Pour montrer que sa théorie sur la circulation a des bases sérieuses, M. de Chasseloup-Laubat se permet de faire ici remarquer *qu'il avait calculé que le maximum du débit d'un tube à circulation continue se produisait lorsque le volume total des bulles était sensiblement égal au volume de l'eau; or, M. Bellens, dans ses expériences sur le débit des tubes émulseurs, a vérifié expérimentalement cette prévision.*

M. de Chasseloup-Laubat rappelle les raisons qu'il a déjà données dans son mémoire, afin de montrer qu'une circulation active était nécessaire pour assurer le rendement, le fonctionnement, l'entretien et la durée d'un générateur. Il n'exposera pas de nouveau tous les arguments qu'il a fournis à l'appui de son opinion.

Ces raisons sont d'ailleurs, tellement péremptoires que jusqu'à présent les constructeurs et les partisans d'une chaudière soutenaient que leur appareil avait une circulation très bonne; pour le démontrer, on a même échafaudé plusieurs théories de la circulation qui n'ont de scientifique que l'apparence et le nom, mais qui, en réalité, ne voulaient rien dire.

M. de Chasseloup-Laubat ne s'explique donc pas pourquoi M. Duchesne semble aujourd'hui attacher moins d'importance à une circulation très active.

5° Au sujet de la mise en service des générateurs aquitubulaires à bord des bâtiments, M. de Chasseloup-Laubat a reçu de M. d'Allest

une lettre dont, fidèle à sa volonté d'impartialité, il demande l'insertion, en faisant seulement remarquer qu'il avait en vue, comme il l'a répondu à M. d'Allest, non point de courtes traversées dans la Méditerranée, mais bien de lointains voyages au long cours :

« Marseille, 28 décembre 1897.

» Monsieur et cher Collègue,

» Dans votre mémoire sur les chaudières aquitubulaires, lu à la Société des Ingénieurs Civils, vous dites, page 446, que, en 1878, la chaudière Belleville constituait le premier générateur aquitubulaire qui ait fonctionné en service courant.

» Or, c'est en janvier 1872 que la chaudière aquitubulaire système Lagrafel et Barret, constituée par un faisceau de tubes droits pris entre deux lames d'eau, réunies à leur partie supérieure par un grand collecteur, a commencé son service courant sur l'*Isère*, navire de la Compagnie Fraissinet.

» Puis, en 1873 et 1874, le *Blidah*, le *Médéah*, le *Paoli*, le *Spahs*, navires de la même Compagnie, ont été munis de ces mêmes chaudières et ont fait, sans interruption, le service postal de la Corse. Les épreuves officielles de ces navires et les permis de navigation en font foi.

» Le *Blidah* a navigué jusqu'en 1888 avec les mêmes chaudières, le *Paoli* et le *Spahs* ont navigué jusqu'en 1882 ou 1883, époque à laquelle ils se sont perdus sur un îlot des îles d'Hyères; le *Médéah* est encore en service avec des chaudières du même système.

» Il y a là une rectification intéressante à faire et à laquelle vous pouvez donner jour lorsque viendra la discussion de votre mémoire devant la Société des Ingénieurs Civils.

» Veuillez agréer, etc. » *Signé :* J. d'Allest. »

M. le Président remercie M. L. de Chasseloup-Laubat qui a apporté dans nos séances un principe de discussion des plus importants.

Il invite M. Bertin à prendre la parole.

M. Bertin répond qu'il dira bien volontiers quelques mots sur la question qui occupe, ce soir, la Société, quoiqu'il voie peu de chose à ajouter aux observations de M. de Chasseloup-Laubat.

La chaudière Niclausse a été essayée dans la Marine militaire et elle a été d'autant mieux appréciée qu'elle avait d'abord été accueillie avec quelque défiance. Il a été reconnu de suite qu'elle offrait de grands éléments de sécurité; de plus, par une chauffe appropriée, on a rapidement obtenu un bon rendement. Comme l'a dit M. de Chasseloup-Laubat, elle n'a été éprouvée en service qu'à des tirages modérés, à des combustions de 120 *kg* de charbon environ par mètre carré de grilles, comme les autres modèles analogues, d'ailleurs, qui lui font concurrence. Pour ce genre de chaudières, les véritables tirages forcés ne s'appliquent, sur les grands navires, que dans des cas très exceptionnels, qui deviendront, il faut l'espérer, de moins en moins exceptionnels.

Le grand avantage de la chaudière Niclausse, qui est dû à M. Niclausse lui-même, consiste dans la facilité du démontage résultant

de la disposition ingénieuse de l'attache des tubes et de la perfection des ajustages. Le mécanicien peut avoir sa chaudière en main comme sa machine et l'entretenir constamment propre. Cette facilité de démontage était, d'ailleurs, indispensable, parce que la chaudière Niclausse a plus besoin de visites fréquentes que celles où les tubes se nettoient d'eux-mêmes par la circulation générale et rapide de l'eau. A certaines allures, on peut avoir de l'eau stagnante et des dépôts, surtout dans les tubes supérieurs. Si l'on restait une année sans visiter à fond une chaudière Niclausse en service, on s'exposerait sans doute à un réveil périlleux.

Il pourrait sembler que cette condition, de subir plus d'une visite par an, est une faible exigence, surtout si l'on se reporte aux soins dont les chaudières des locomotives sont l'objet. En fait, les nécessités du service à bord, pour ne pas parler des habitudes prises, sont telles que bien des chaudières marines sont restées plus d'un an et plus d'un an et demi sans être visitées ; mais c'étaient des appareils très rustiques, à grand réservoir d'eau pouvant sans grand inconvénient contenir des dépôts. Les nouveaux modèles de chaudières ont besoin de beaucoup plus de propreté.

Arrivant à la question des chaudières ignitubulaires et aquitubulaires, M. Bertin s'attache à définir les deux systèmes qu'il s'agit de distinguer. Le caractère propre des nouveaux modèles est la suppression du réservoir général d'eau et de vapeur, à l'intérieur duquel circulaient autrefois les conduits de flammes ; il ne reste guère qu'un faisceau de tubes contenant l'eau et la vapeur. Dans les anciens modèles, l'eau était à l'intérieur ou à l'extérieur des tubes indifféremment. Les premiers modèles rectangulaires présentaient de simples carneaux comme circuits de flamme ; quand on a introduit l'usage des tubes pour accroître la surface de chauffe, on a adopté deux dispositions différentes. Souvent, comme dans la Marine française et dans beaucoup d'appareils de l'Amirauté anglaise, on a remplacé l'ancien carneau par un faisceau de tubes, en construisant ainsi des chaudières ignitubulaires. D'autres fois, on a conservé le carneau, en y disposant transversalement des tubes allant d'une paroi à l'autre, ce qui faisait des chaudières aquitubulaires ; ce modèle se rencontrait sur quelques navires anglais, le *Vanguard*, par exemple, et sur la plupart des bâtiments américains. La disposition avec tubes pleins d'eau disposés perpendiculairement à la flamme passait pour donner un meilleur rendement que l'autre, quand les tubes étaient propres ; mais le ramonage s'y faisait moins commodément et moins complètement. On comprend, d'après ce qui précède, pourquoi le classement en chaudières aqui et ignitubulaires n'a pas été adopté en Amérique, et pourquoi les Ingénieurs, qui ont connu les anciennes chaudières aquitubulaires à enveloppe d'eau, ne l'acceptent pas aussi volontiers que ceux d'une génération plus moderne. En réalité, les anciennes chaudières n'avaient d'autre caractère commun que celui d'être à aqui-enveloppes.

M. Bertin donne ensuite, sur la demande qui lui en est faite par M. le Président, quelques renseignements sur les dimensions et les dispositions spéciales des chaudières marines actuelles.

La marine présente les appareils à vapeur de beaucoup les plus puissants qui existent. Il y a peu d'années, c'était la Marine de guerre qui tenait la tête ; aujourd'hui, ce sont les paquebots, avec des machines de 28 000 *ch* et au-dessus. Pour 100 *ch* au tirage naturel, et 150 à 160 *ch* à un tirage modérément forcé, on compte 1 m^2 de grilles. Ainsi, pour 28 000 *ch*, il faut 200 m^2 de grilles environ ; en multipliant par 30 ou 40, on obtient la surface de chauffe.

La marine a pris, en général, la tête du mouvement sur un point très intéressant : l'élévation des pressions. A mesure qu'elle augmentait la puissance, elle se trouvait arrêtée, pour le poids, parfois pour le volume de ses appareils, bien plus qu'on ne l'est jamais à terre. Elle a dû, par suite, recourir aux hautes pressions. Les pressions de 20 *kg* sont presque de règle dans l'Amirauté anglaise. Notre Marine avait pris les devants il y a quelques années ; elle est légèrement en retard aujourd'hui, avec le chiffre de 18 *kg* ; mais la différence de 2 *kg* est peu de chose entre 18 et 20 *kg* ; ce n'est pas comme à l'époque où il s'agissait de passer de 2 à 4 *kg* ou de 4 à 6 *kg*.

L'emploi du tirage forcé, adopté pour les mêmes motifs, est plus important encore. Il a rendu possible l'existence de classes de navires, qui n'auraient pas pu se construire avec le tirage ordinaire. Quand on approche de l'intensité de combustion des locomotives, on diminue dans le rapport de 4 et même de 5 à 1, le poids et le volume des chaudières.

Dans les chaudières marines, on n'arrive pas tout à fait à l'activité de tirage des locomotives brûlant jusqu'à 700 *kg* de charbon par mètre carré de grilles ; au fond, rien ne s'y opposerait. Les nouvelles chaudières marines sont beaucoup plus robustes que les chaudières à enveloppes d'eau, pourvu qu'elles soient propres ; elles sont très élastiques, ne présentent pas de joints exposés à se disloquer, et courent seulement le danger d'être fondues, danger qui n'existe pas, tant que les tubes sont pleins d'eau.

La quantité de charbon brûlé est au grand maximum de 500 *kg* par heure et par mètre carré de grilles. Il faut, pour mener la chauffe à cette allure, des relais d'hommes toutes les deux heures, tandis que la durée habituelle des quarts est de quatre heures. Les hommes exercés supportent très bien, sans trop de fatigue, ce travail intense, qui consiste, pour les 2 m^2 de grilles environ, qui leur sont assignés, à charger sur leurs pelles 1 *t* de charbon à l'heure et à l'envoyer dans le fourneau en le répartissant uniformément. La température dans la chambre de chauffe est modérée, et très inférieure à celle de la chambre des machines où l'on observe jusqu'à 40°. Cela s'explique facilement par la rapidité du renouvellement de l'air, qui afflue à raison de 15 à 20 m^3 par kilogramme de charbon brûlé ; dans la marche au grand tirage forcé, on se trouve dans un véritable ouragan, qui rafraichit même de l'effet des rayonnements.

M. le Président est certain d'être l'interprète de tous en remerciant M. le Directeur du Bureau technique au Ministère de la Marine qui nous a donné des renseignements avec sa grande compétence. Ils montrent bien l'intérêt qui s'attache à cette question des chaudières dont

l'étude va se continuer dans la communication : *sur les chaudières à émulsion de vapeur.*

M. M. Jouffret se propose de faire connaître à la Société un appareil inventé par M. Paul Dubiau, Directeur de l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Sud-Est, et ayant pour but de provoquer la circulation de l'eau dans les chaudières de tous les types. On a donné à cet appareil le nom d' « Emulseur à vapeur ».

Il dit que, contrairement aux principes admis autrefois et partout enseignés, il est aujourd'hui clairement démontré que la circulation de l'eau dans les chaudières ne peut pas exister, du moins complètement, par elle-même et qu'il faut la provoquer par des moyens artificiels.

L'émulseur utilise un phénomène purement physique pour donner un mouvement continu à toute la masse d'eau d'un générateur. M. Jouffret fait la projection d'un appareil d'expériences et en explique le fonctionnement pour démontrer le phénomène ci-dessus. Il relate les expériences faites par M. Bellens pour mesurer les volumes d'eau qui peuvent être mis en circulation dans une chaudière par l'application de l'émulseur. Il fait ressortir les principaux avantages obtenus en pratique ; ce sont les suivants :

Amélioration du rendement des chaudières permettant, en cas de besoin, une diminution considérable dans le rapport entre la surface de chauffe et la surface de grille ;

Possibilité d'employer les fortes allures de grille sans endommager la chaudière ;

Suppression des dilatations inégales, occasionnées par d'importantes différences de température de la masse d'eau ;

Retard considérable apporté à la formation de la première couche de dépôt dur sur les parois du coup de feu. Celles-ci peuvent facilement être maintenues dans un constant état de propreté, si les nettoyages intérieurs sont faits à des intervalles de temps à déterminer suivant la nature de l'eau ;

Suppression des entrainements d'eau, si préjudiciables aux moteurs ainsi qu'aux chaudières et qui font toujours ressortir une consommation de vapeur exagérée.

M. Jouffret relate les expériences de M. Friedrich Ross, Ingénieur à Vienne, qui ont eu pour objet de démontrer l'influence considérable des variations d'allures des chaudières sur la consommation des moteurs.

Au moyen de projections, il indique ensuite les différents modes d'adaptation de l' « Émulseur » aux principaux types de chaudières, puis il présente les résultats d'essais qui ont été exécutés par des ingénieurs faisant autorité en la matière, sur des chaudières de divers types. Il analyse ces essais qui confirment les avantages qu'il a signalés.

Les essais faits chez M. Diéderichs, à Bourgoin (Isère), par les soins de l'Association lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur, ont démontré une augmentation de rendement de 13 0/0 ; ceux de MM. Pirelli et Cie, à Milan, de 14 0/0 ; ceux effectués à la Société de construction de machines de Brünn, ont porté cette augmentation à 24 0/0 ; ceux qu'a dirigés M. H. Fontaine à la Société d'éclairage de Bordeaux

et du Midi, ont permis de constater une économie de consommation de 32 0/0 et enfin ceux de l' « Internationale Electricitäts Gesellschaft », à Vienne, une économie de 34 0/0.

En présentant les résultats des essais faits à la Société de Brünn et à la Société d'éclairage de Bordeaux et du Midi, M. Jouffret fait remarquer la différence de consommation qui existe, même avec l'emploi de la vapeur surchauffée, et il en conclut que la vapeur surchauffée contient encore plus ou moins d'eau en suspension, suivant qu'elle est produite avec de la vapeur plus ou moins humide.

M. le Président remercie M. Jouffret de sa très intéressante communication. Tout ce qui touche aux questions d'économie et de sécurité dans les chaudières peut être utile aussi bien aux petites usines industrielles qu'aux grands navires qui vont porter au loin le prestige et la gloire de la France; il y a bien là un sujet d'étude d'un intérêt général.

Il est donné lecture en première présentation, des demandes d'admission de MM. A. Bernard, F.-A. Blanche, R. de Bonard, H.-P.-J. Dufresne, A.-P. Patrouix. H. Raty, H. Reich, J. J. Rett, F.-M. Richard, L. Rueff, J.-M.-H. Vallot, F.-E. Vandesmet comme membres sociétaires et de

MM. E.-E. Beauvalet, A. Biès, E.-D. Dolé, L.-H -E. Morin et G.-G. Vandesmet comme membres associés.

MM. Ch.-A. Barth. M. Blondel, F.-A. Bonnefond, I. Fernandez, E. Foucart, A. Gauchet, A. Gauthier. R. Godfernaux, A. Lecomte, Ch. Simonot, F. Urbain, sont reçus comme Membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures.

Le Secrétaire,
P. Jannettaz.

QUELQUES RÉSULTATS D'ESSAIS

DE

CHAUDIÈRES MILITAIRES MARINES

PAR

M. E. DUCHESNE

Il y a aujourd'hui un an, j'ai eu l'honneur de lire devant vous, ici même, un travail relatif à un type désirable de chaudière marine militaire, dans laquelle je recherchais quelles sont les qualités essentielles à exiger de ces très intéressants appareils.

Après avoir fait l'énumération de ces qualités, j'ai décrit d'une façon sommaire un générateur qui semblait réunir, d'une façon générale, les conditions qui m'avaient paru nécessaires et auxquelles j'étais arrivé peu à peu en classant les résultats que ma pratique, déjà longue dans le métier, m'avait donné l'occasion de rencontrer et d'appliquer moi-même.

Je viens de dire que le générateur en question réunissait, d'une façon générale, les conditions requises; il est bien certain que pour les générateurs comme pour tout ce qui est l'œuvre de l'homme, la perfection n'existe pas et ne peut exister; mais on doit s'en rapprocher le plus possible et réunir dans une chaudière le plus grand nombre de qualités reconnues indispensables à son bon fonctionnement. Il est d'autant plus difficile d'arriver à la perfection que la théorie elle-même de la chaudière idéale est impossible à établir puisque nous manquons et manquerons sans doute toujours des données nécessaires à son établissement, par suite de l'impossibilité où nous sommes de suivre les phénomènes réels de la vaporisation sous pression. De plus, on ne pourra jamais éviter les pertes de chaleur par rayonnement, par tirage, etc., et la chaudière parfaite serait cependant celle qui

utiliserait complètement les calories dégagées par la combustion.

En Angleterre, on a fait beaucoup d'expériences plus ou moins sérieuses avec des tubes de verre et des becs à gaz disposés par places le long de ces tubes remplis d'eau.

On a enregistré les résultats obtenus, mais je ne crois pas qu'ils puissent être comparés avec ceux qui seraient fournis par des appareils en acier remplis d'eau et de vapeur sous pression et plongés dans un foyer ordinaire.

Ces résultats ont été pris comme base de calculs très intéressants mais qui, je le crains, n'ont aucune valeur pratique. On a fait entrer dans ces calculs des diamètres de bulles de vapeur, des nombres de bulles, des vitesses de dégagement, etc., qu'il est absolument impossible de mesurer. En tout cela, on ne raisonne que par à peu près.

Au point de vue pratique, il n'est pas davantage possible de trouver le générateur parfait, et nous devons nous contenter de ceux qui donnent satisfaction sur les points les plus urgents.

Parmi ceux qui existent et qui présentent le plus d'intérêt, et il n'en manque pas en France, quoi qu'on en ait pu dire, les générateurs *à tubes d'eau* sont, dans les conditions actuelles de l'industrie, bien supérieurs à tous les autres parce que le poids de la matière employée est toujours bien mieux utilisé, et, dans la plupart des cas, les conséquences d'un accident toujours possible, aussi peu que ce soit, sont réduites au minimum de gravité.

A propos de cette expression : *générateur à tubes d'eau*, j'ai consulté ceux de nos collègues du métier qui s'intéressent aux questions générales ayant trait aux termes techniques pour savoir si, dans la pratique journalière, il semblait convenable d'adopter les expressions dont M. de Chasseloup-Laubat nous avait entretenus.

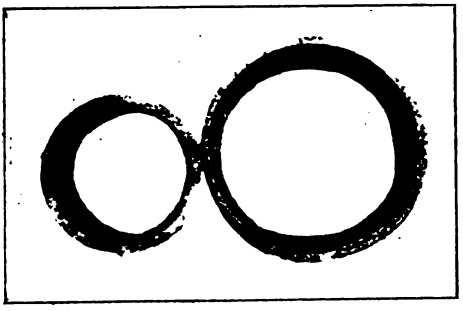
Devons-nous dire, en effet, *chaudières aquatubulaires* ou aquitubulaires, d'une part et, d'autre part, ignitubulaires ?

La réponse de tous a été la suivante :

Pourquoi ne pas dire, tout simplement, générateur à *tubes d'eau* et générateur à *tubes de flammes ?* C'est plus court et plus facile à retenir. Je propose donc à nos Collègues d'adopter ces deux expressions qui simplifieront notre dictionnaire technique déjà fortement chargé.

D'ailleurs, nos Collègues italiens, pour désigner les deux types de chaudières auxquels je fais allusion, disent « caldaie di tubi d'acqua », et « caldaie di tubi di fiamma », ce qui est la traduc-

tion littérale des termes que je viens de vous proposer d'adopter. Nos autres voisins, les Anglais, ne cherchent pas non plus des adjectifs polysyllabiques, il disent « water tube boiler » et « flame tube boiler ». Nous sommes Français, adoptons donc des termes français, mais aussi simples que possible pour qu'ils soient faciles à comprendre chez nous et chez nos voisins.



Dans la séance que je viens de rappeler. M. de Chasseloup-Laubat nous a montré des échantillons de l'industrie britannique relatifs à certaines chaudières des types à tubes d'eau.

Les produits que nous avons vus étaient, bien certainement, des plus remarquables, mais, sans vouloir étaler ici un chauvinisme hors de saison, je crois être agréable à nos Collègues en mettant sous leurs yeux les produits similaires français qui, je

suis heureux de le dire, ne le cèdent en rien à ceux des étrangers quels qu'ils soient. Il y a là des épreuves de pliage à froid et des épreuves d'allongement des plus remarquables. Pour ménager la modestie de certains de nos Collègues ici présents, je ne dirai point d'où viennent ces échantillons que j'ai obtenus moi-même dans mon service ordinaire. Il ne s'agit pas là de pièces de

laboratoire ; c'est tout simplement ce qui se pratique habituellement, commercialement, si je puis m'exprimer ainsi. Je les ai prélevés sur les tubes d'un générateur destiné à un yacht français appartenant à l'un de nos anciens présidents.

D'autres encore, tout aussi remarquables, ont été prélevés sur les tubes destinés aux nouvelles chaudières du yacht *Julie* appartenant à un autre de nos Collègues, M. Gaston Menier.

Ces générateurs étant construits sous ma surveillance, j'ai tenu à ce qu'il ne subsiste aucun doute sur la valeur des matériaux entrant dans leur construction.

J'ajoute que j'étais sans inquiétude à ce sujet, car actuellement un grand nombre de nos usines françaises peuvent établir dans la perfection des tubes de tous diamètres, soudés ou étirés, qui ne laissent absolument rien à désirer.

En ce qui concerne les générateurs de nos grands cuirassés, croiseurs, avisos ou torpilleurs, nous pouvons dire également que, en fait de chaudières, nous n'avons rien à envier à nos voisins. Malgré toutes les critiques plus ou moins compétentes qui ont été faites à ce sujet, nous pouvons affirmer que presque tous les générateurs de notre flotte sont bons.

Il est arrivé parfois des accidents; mais c'est qu'on a demandé à ces appareils beaucoup plus qu'ils ne peuvent donner.

Si, en effet, nous nous reportons à l'époque où ils furent inventés, nous trouvons que les vitesses demandées à nos navires étaient bien inférieures à celles qui sont indispensables aujourd'hui.

Eh bien! puisque nous nous trouvons dans des conditions différentes, nous devons faire ce qu'il faut pour y satisfaire et nous y parviendrons de la façon suivante :

1° En ne perdant pas notre temps et notre argent à réparer ou modifier des systèmes trop anciens;

2° En adoptant franchement les générateurs à tubes d'eau qui sont de beaucoup les plus pratiques et les plus durables quoiqu'ils aient été longtemps repoussés par nos voisins les Anglais qui, aujourd'hui, en ont armé leurs navires les plus remarquables, avec, parfois, une précipitation qui leur a été aussi préjudiciable que fut, autrefois, leur lenteur à s'y décider.

Dans la séance du 22 janvier 1897, j'ai cité le générateur construit, à Paris, par nos Collègues, MM. Niclausse, comme se rapprochant le plus du type dont j'avais énuméré les qualités désirables à mon sens.

J'avais été amené à m'en occuper au cours de mes affaires ordinaires qui m'obligent à me tenir au courant de tout ce qui se fait en constructions navales, coques, machines et chaudières et cela en toute impartialité, en toute liberté, en toute indépendance.

A cette époque, il était assez peu connu dans la marine quoique, cependant, il ait été installé à bord du croiseur *Friant ;* et, malgré les bons résultats des essais de ce navire, on manifestait dans certaines sphères, bien des doutes sur les réelles qualités du générateur précité.

Ces doutes s'expliquaient d'ailleurs facilement, car certains auteurs n'avaient pas craint d'en publier des descriptions et com-

Fig 1.

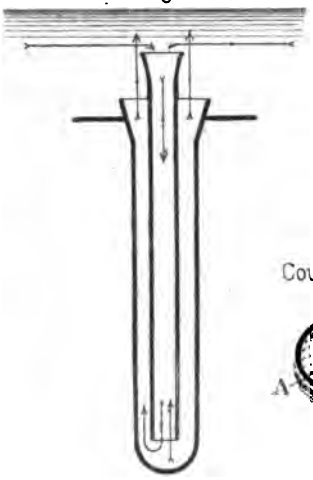
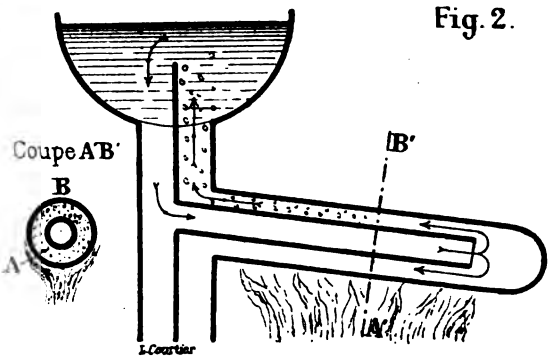


Fig. 2.



mentaires tellement poussés au noir qu'une étude nouvelle n'en paraissait pas utile. C'était une opinion faite.

Les uns allaient jusqu'à dire que la circulation, dans le générateur en question était la même que dans les tubes Field et que, par conséquent, le dégagement de la vapeur s'y faisait par soubresauts.

D'autres disaient que les tubes intérieurs étaient inutiles, et que certaines chaudières avaient fort bien marché sans eux.

D'autres, encore, disaient que les tubes extérieurs ne pouvaient produire des bulles de vapeur sans que les tubes intérieurs en produisent aussi, et, par conséquent, la circulation devait changer de sens.

L'examen des figures 1 et 2 fait voir très clairement qu'il ne peut en être ainsi, car, si dans le tube Field, les bulles de vapeur qui tendent à se dégager, sont en conflit avec l'eau qui veut pénétrer dans le tube intérieur comme l'indique le sens des flèches et, par conséquent, si le dégagement peut être, en effet, pulsateur, il n'en est pas de même du tube incliné employé dans le générateur en question, car la circulation y est parfaitement guidée, comme on le voit d'ailleurs.

Notons, en effet, que la chaleur du foyer se transmet directement à l'eau du tube extérieur : si les bulles de vapeur s'y produisent en A par exemple, elles s'élèvent naturellement en B, mais elles ne s'y confinent pas ; elles continuent leur chemin le long du tube incliné, en laissant derrière elles un vide qui est rempli par les molécules voisines entraînées dans son mouvement, par la bulle qui se dégage; l'eau du tube intérieur ne subit pas ce mouvement d'entraînement par contact car elle est protégée par le métal de ce tube qui est donc le canal naturel par où doit arriver l'eau nouvelle qui remplacera la vapeur et l'eau qui s'élèvent; et de plus, elle ne peut entrer en ébullition car tout en restant soumise à la pression intérieure commune aux deux tubes elle ne reçoit pas d'autre chaleur que celle qui lui est communiquée par l'eau du tube extérieur qui, elle, entre en ébullition parce qu'elle reçoit continuellement la chaleur du foyer sans que sa température s'élève au-dessus de celle qui est compatible avec le numéro du timbre de la chaudière.

Cette eau nouvelle alimentaire qui passe par le tube intérieur tend toujours à la refroidir aussi peu que ce soit, et nous savons de longtemps, que quelques degrés au-dessous de la température théorique suffisent pour empêcher l'ébullition sous une pression donnée.

Mais si les auteurs dont j'ai parlé plus haut, se sont montrés peu favorables, d'autres, et non des moindres, ont été plus justes, et ici j'ai grand plaisir à citer, parmi ces derniers, M. Bertin, le sympathique directeur des Constructions navales.

Il a été un des premiers à reconnaître publiquement les qualités du générateur précité, tant au point de vue du bon fonctionnement que de la facilité des réparations qui est, pour moi, une qualité de premier ordre.

Dans son bel ouvrage, l'auteur précité classe les chaudières en trois catégories en prenant pour base la plus ou moins grande activité de la circulation.

Il dit : Circulation limitée,
Circulation libre,
Circulation accélérée.

Eh bien, je crois qu'il n'y a, en réalité, qu'une seule circulation qui est plus ou moins facile, voilà tout. D'ailleurs, il est bien difficile de dire où finit la circulation limitée et où commence la circulation accélérée et j'estime que si la circulation limitée est insuffisante, la circulation accélérée est tout aussi dangereuse. Il faut que la circulation soit telle que la paroi métallique chaude reçoive assez d'eau pour qu'elle en ait toujours à vaporiser, mais il n'est pas nécessaire qu'il en passe davantage ; pour cela, il faut et il suffit que la circulation soit libre.

L'accélération est inutile et n'augmente en rien la production de vapeur : tout au contraire, un trop grand afflux ne peut que tendre à créer des obstructions et, dans ce cas, la limite de production est facilement dépassée en créant une situation dangereuse.

Dans les types de chaudières où ce phénomène se produit, il n'est pas rare de voir brûler des faisceaux entiers de tubes, contrairement à ce qui se passe dans le générateur dont nous parlons, car il y a lieu de noter que, d'une part, le dégagement de la vapeur est tranquille et, d'autre part, en cas d'insuffisance d'alimentation pour une cause quelconque, une partie de l'eau des tubes des rangées supérieures descend naturellement dans ceux du bas qui, étant les plus exposés, se trouvent protégés jusqu'au dernier moment.

Après avoir lu attentivement l'ouvrage entier de M. Bertin, j'ai constaté qu'il a rendu justice à tous les générateurs qu'il a passés en revue et qui sont véritablement de grande valeur à condition qu'on leur demande seulement le travail qu'ils sont susceptibles de produire. Cependant, mon opinion diffère de celle de M. Bertin sur la valeur des anciens générateurs cylindriques dits *chaudière marine à retour de flammes*, car tout y est défectueux lorsqu'il s'agit d'aborder les hautes pressions de 15 à 20 *kg* par centimètre carré : dilatations inégales, circulation mauvaise, effroyable danger d'explosion, difficulté des réparations, nettoyage complet impraticable. C'est bien de ces générateurs que l'on peut dire qu'ils étaient bons autrefois lorsque la pression de 6 *kg* était considérée comme une des plus élevées qu'on puisse atteindre.

On a dit aussi que les chaudières multitubulaires ne seraient plus aussi longtemps en service que les précitées sans avoir be-

soin de nettoyage. Il est possible que ce soit vrai pour quelques types ; mais, en ce qui concerne les chaudières du *Friant*, je dois citer les faits suivants :

Pour le *Friant* lui-même, le premier nettoyage a eu lieu *deux ans* après sa mise en route y compris le temps des essais après lesquels les générateurs n'avaient pas été nettoyés.

Un remorqueur de la marine, au port de Brest, le *Menhir*, qui est muni des mêmes chaudières que le *Friant*, a fonctionné pendant plus de 7 000 heures sans qu'on ait eu besoin de procéder au nettoyage. Les chaudières marines cylindriques n'ont jamais pu faire mieux ni même si bien.

D'ailleurs, c'est là une question d'eau d'alimentation et pour faire des comparaisons valables, il faudrait alimenter les générateurs à comparer avec les mêmes eaux.

En marine, particulièrement, le temps qui s'écoulera entre deux nettoyages sera fonction du plus ou moins bon travail des filtres, et, dans ces conditions, la chaudière préférable sera celle qui permettra les nettoyages les plus faciles. A ce point de vue, je puis dire avec tous les marins qui le connaissent, que le générateur du *Friant* est absolument incomparable.

D'autre part, il a été dit que la chambre de combustion des générateurs du *Friant* n'était pas assez haute. Cela est vrai, et les constructeurs le savent bien, mais ce défaut, spécial à ce croiseur et non à son type de générateurs, provient de ce que la hauteur disponible sous barrots n'a pas permis de faire mieux. Dans les autres navires, cet inconvénient n'existe pas.

D'ailleurs, malgré l'insuffisance de hauteur des foyers, il ne faut pas oublier que ces générateurs ont effectué des essais à des combustions de 176 *kg* de charbon par mètre carré de grille-heure, sans le moindre incident, sans flammes dans les cheminées, sans le rougissement de leurs embases, et ces essais ont eu, à la même allure, une durée de 4 heures consécutives, ce qui constitue, à ma connaissance, du moins, une épreuve non encore faite pour des navires du même type.

Et ces résultats, la Commission officielle de recette les a qualifiés de *vraiment remarquables*. Quand on donne au foyer une hauteur de 10 ou 15 *cm* de plus, on obtient, sans peine, le maximum de ce qu'il est permis d'employer pour ne pas diminuer le rendement.

Continuant l'étude intéressante du livre de M. Bertin, je n'y ai pas trouvé l'indication d'un seul point réellement faible dans le

générateur considéré. Tout au contraire, les comparaisons avec d'autres systèmes sont toutes à l'avantage du premier.

Ainsi, page 276, il dit que « les tubes intérieurs et extérieurs » de ce générateur peuvent se dilater indépendamment les uns » des autres sans fatiguer aucun joint », ce qui est, à mon sens, une très grande qualité.

Certains auteurs ont cru pouvoir dire que cette liberté de dilatation n'est pas nécessaire quand la circulation de l'eau est active.

Je ne partage pas cette manière de voir car la bonne circulation ne pourra pas toujours empêcher qu'un dépôt d'huile ou de toute autre matière se produise au moment où on s'y attendra le moins et, dans ce cas, le tube est alors exposé à rougir par places et à se dilater inégalement, et si les dilatations ne sont pas libres, des accidents peuvent en résulter.

M. Bertin ajoute que « la disposition qui a pu être adoptée du » fait de cette liberté des dilatations, rend les montages et démon- » montages très faciles ».

Page 278, il constate que « ce générateur supporte admirable- » ments les plus hautes combustions ». Je prends ici la liberté de lui rappeler qu'il a assisté, chez les constructeurs, aux essais à outrance d'un générateur d'expériences du type destiné aux torpilleurs.

J'ai eu également l'honneur d'y assister en compagnie de plusieurs Ingénieurs de la Marine.

Ils ont donné les résultats suivants :

Kilogrammes de charbon brûlés par mètre carré de grille-heure, y compris les cendres.

100	150	200	250	300	350	400

Vaporisation par kilogr. de charbon (compris cendres), eau et vapeur ramenées à 100°.

11,850	10,860	9,914	9,339	8,734	8,214	7,500

Ces essais de vaporisation avaient duré 4 heures.

D'autres essais d'endurance eurent lieu ensuite pendant lesquels on a brûlé 400 *kg* de charbon par mètre carré de grille-heure et pendant dix heures consécutives sans que les tubes aient donné signe de fatigue ; la pression d'air était 20 *mm*. Ce sont là des résultats absolument remarquables.

Le diamètre des tubes employés était de 40 *mm*.

Les mêmes combustions sont facilement supportées par les tubes de 82 *mm* employées jusqu'ici par les constructeurs sur les grands navires.

Page 279, M. Bertin dit que « la chaudière Niclausse n'a proba-
» blement pas dit son dernier mot. Dès à présent, sa supériorité
» est incontestable au point de vue des facilités de nettoyage, du
» ramonage et du remplacement des pièces avariées ».

Je suis absolument du même avis que l'auteur; mais, j'ajoute que c'est là une telle supériorité qu'elle suffit à elle seule, au point de vue militaire, pour la faire préférer à toutes les autres.

Je rappelle ici, en effet, que si, au moment, généralement inopiné, où l'on a besoin d'un navire, ses générateurs se trouvent en mauvais état, il faut toujours un temps assez long pour les réparer, quel que soit le type usité à bord.

Seul, jusqu'ici, le générateur précité est d'une facilité incroyable de réparations et l'on peut, si l'on a des tubes de rechange à bord, en remplacer un très grand nombre pendant que se font les autres préparatifs de départ.

J'ajoute que les réparations dont nous parlons peuvent se faire même pendant la marche du navire et, dans cet ordre d'idées. je citerai le fait suivant :

Dans le courant de 1897, la canonnière de la marine russe *Hkrabry* reçut, à son bord, huit chaudières de ce type.

Ces huit générateurs ont une surface de chauffe de 630 m^2 et une surface de grille de 20,80 m^2.

Les essais ont eu lieu en septembre dernier, et ils ont complètement réussi comme nous l'avons vu à l'époque.

Mais, pour sa propre édification, le commandant du navire voulut savoir si les réparations étaient réellement aussi faciles que certains Ingénieurs, et j'étais de ceux-là, en avaient donné l'assurance.

Dans ce but, il fit isoler un des générateurs, mettre bas les feux, vider l'eau, changer trois tubes de la rangée inférieure, faire de nouveau le plein et remettre en route, le tout en trente-cinq minutes.

Je fais remarquer ici que de mettre bas les feux en pleine pression, ce qui entraîne l'ouverture simultanée de toutes les portes des foyers et cendriers, est une véritable prouesse qui ne peut être accomplie impunément par tous les générateurs, et M. Bertin le fait remarquer dans son livre, page 341, en disant textuellement que « les constructeurs se font un jeu de soumettre
» leur générateur d'atelier à cette rude épreuve pour la plus
» grande édification des visiteurs ».

J'ajoute que si ce générateur ne souffre pas d'une brusque mise bas des feux, il ne souffre pas davantage d'une rapide élévation de température et de pression.

J'ai fait, en plusieurs occasions, monter la pression de leur chaudière de 12 à 18 *kg*, en une à deux minutes, au moyen d'un souffleur sous grille, dont l'action est pour ainsi dire instantanée.

Dans son livre, page 342, M. Bertin dit que « les variations » brusques des allures des machines marines doivent être évitées » par ce que les mêmes changements d'allure des chaudières » sont dangereux et doivent être interdits en dehors des cas » d'absolue nécessité ».

Ils sont généralement la cause d'entraînements d'eau très préjudiciables aux machines et peuvent, même, les mettre hors de service comme on a pu le voir, sans qu'il soit nécessaire d'insister sur ce sujet. Dans les chaudières du *Friant* et autres croiseurs, cet inconvénient n'existe pas; car, dans le cours de différents essais de générateurs de ce type j'ai été amené, précisément, à constater le degré de siccité pratiquement parfaite de la vapeur fournie par cet appareil, et je l'ai trouvée très sèche.

En ce qui concerne la marine française, les essais du *Friant* l'ont prouvé depuis longtemps et, à cette occasion, je suis heureux de dire que l'amiral Besnard, ministre de la Marine, a jugé convenable, en 1897, de faire subir à ce croiseur, dont on parlait beaucoup, une série d'épreuves sévères et prolongées que ses générateurs ont supportées bravement et sans en souffrir.

Et je crois savoir que l'avis des officiers, des ingénieurs et des mécaniciens qui ont pris part à ces expériences est, qu'avec ce type de générateur, on peut parer à tout instant à toute éventualité aussi imprévue qu'elle soit; car ils ont pu voir que la mise en état de l'appareil est extraordinairement rapide; qu'il supporte toutes les allures des machines; qu'il supporte également leurs plus brusques changements de vitesse presque d'une façon indifférente, et, en tous cas, beaucoup plus satisfaisante que ce qu'on avait pu obtenir de mieux jusqu'ici avec des générateurs de n'importe quel autre système.

Dans toutes ces manœuvres, la siccité de la vapeur fut parfaite, les machines se conservèrent en très bon état, et il ne s'est pas produit de fuites aux joints des tubes.

Enfin, l'avis de tous a été que la certitude absolue du bon fonctionnement des générateurs a inspiré confiance à tout le

CROISEUR "FRIANT"

Appareil évaporatoire.

	AVANT	ARRIÈRE ET MILIEU	TOTAL
Nombre de groupes	1	2	3
Nombre de corps	4	16	20
Nombre de foyers	4	16	20
Nombre d'éléments par corps	12	10	208
Nombre de tubes vaporisateurs	816	2 720	3536
Nombre de tubes vaporisateurs obturateurs	48	160	208
Nombre de tubes de circulation	864	2 880	3744
Diamètre extérieur des tubes vaporisateurs	82 *mm*	82 *mm*	»
Diamètre extérieur des tubes vaporisateurs-obturateurs	0,75 *m*	0,75 *m*	»
Diamètre extérieur des tubes de circulation	0,40 *m*	0,40 *m*	»
Longueur des tubes vaporisateurs	2,250 *m*	2,250 *m*	»
Longueur des tubes de circulation	2,200 *m*	2,200 *m*	»
Largeur des grilles	2,130 *m*	1,740 *m*	»
Longueur des grilles	2 » *m*	2 » *m*	»
Surface de grille	17,04 *m*	55,68 *m*	72,72 *m²*
Surface de chauffe par corps	124,59 *m*	103,83 *m*	»
Surface de chauffe pour chaque groupe	498,40 *m*	830,66 *m*	2 159,72 *m*
Nombre de portes de foyers par corps	3	2	»
Section d'ouverture des cendriers par corps	0,63	0,54	»
Section d'ouverture des cendriers par groupe	2,52	4,32	11,16
Nombre de cheminées	1	2	3
Section de chaque cheminée	2,81	4,16	11,13
Hauteur des cheminées au-dessus des grilles	18 » *m*	18,25 *m*	»
Volume total de l'eau par corps en marche	2,700 *m³*	2,262 *m³*	»
Volume total de l'eau par groupe en marche	10,800 *m³*	18,096 *m³*	46,992 *m³*
Volume de vapeur par corps	0,800 *m³*	0,675 *m³*	»
Volume de vapeur par groupe	3,200 *m³*	10,800 *m³*	14,000 *m³*
Timbre des générateurs	15 *km*	15 *km*	»

Quelques résultats d'essais.

DATES	PUISSANCE PRÉVUE	PUISSANCE RÉALISÉE	CONSOMMATION PRÉVUE	CONSOMMATION RÉALISÉE	OBSERVATION
12 déc. 1894	3500 *ch*	**3 657** *ch*	800 *gr*	**666** *gr*	Durée 6 heures
21 déc. 1894	1500	**1 624**	850	**720**	Durée 6 heures
28 déc. 1894	7000	**7189**	950	**858**	Durée 6 heures
15 mars 1895	9000	**9438**	La combustion ne devait pas être supérieure à 150 *kg* par mètre de grille et par heure pour produire les 9000 *ch*.	**122** *kg* par mètre carré de grille	Durée 4 heures

personnel des machines et a répandu parmi les officiers et l'équipage du *Friant* une impression de sécurité, une détente de nerfs qui laissait à tous la pleine possession de leurs facultés pour les appliquer à l'ensemble ou au détail des opérations purement militaires.

Je ne crois pas trop m'avancer en disant qu'un tel résultat n'avait pas encore été aussi complètement obtenu sur les navires français, et, de plus, qu'aucun navire étranger n'avait subi d'essais aussi durs avec le même succès, si ce n'est toutefois, et cette même année, le *Cristobal Colon* de la marine espagnole, qui est pourvu du même type de générateurs.

Après avoir surveillé, à Paris, la construction de ses 24 générateurs, j'ai eu l'honneur d'assister à ses essais sur la côte italienne au printemps dernier.

Les résultats de ces essais ont été assez remarquables pour que j'en fasse un exposé sommaire ci-après, en même temps que la description de l'appareil évaporatoire.

Disons d'abord que cet appareil est composé de quatre groupes indépendants de six chaudières chacun adossés deux à deux dans le milieu du navire.

La surface de chauffe totale est de 2 876 m^2, la surface de grille de 88,94 m^2, soit un rapport de *32*. L'ensemble contient 60 000 *l* d'eau et 8 400 de vapeur.

Ces générateurs ayant été construits et montés à bord avec une rapidité inconnue jusque-là, les essais eurent lieu comme il suit :

On alluma les feux des 24 générateurs, le 13 mars 1897, pour régler les soupapes de sûreté à 15 *kg*, le 15 mars on a tourné sur place, 12 chaudières seulement étant allumées et on a développé une puissance de 3 000 *ch* au point fixe, le 17 mars on a fait le même essai avec les 12 autres chaudières.

Les résultats étant satisfaisants, on a, les 31 mars, 5, 6 et 7 avril fait fonctionner chacune des chaufferies séparément pour exercer le personnel qui devait concourir aux essais de recette. On n'eût pas à constater le moindre accident. La commission espagnole résolut alors de pousser les derniers essais avec rapidité, et il y fut procédé de la façon suivante :

1er *essai*. — Le 10 avril, le *Cristobal Colon* sortait avec 12 chaudières et développait, pendant six heures une puissance de 4 760 *ch*; la machine donnait environ soixante-quinze tours et la vitesse

dépassait 15 *n*; aucun incident à signaler; fonctionnement absolument parfait.

2e essai. — Sortie du 13 avril dans les mêmes conditions.

3e essai. — Sortie du 28 avril avec tous les feux allumés tirage naturel; vitesse obtenue 19,35 *n* pendant quatre heures.

Devant ces résultats imprévus qui montraient la marche très économique des appareils évaporatoires et moteurs, la commission espagnole estima qu'on pouvait, en forçant un peu plus les chaudières, obtenir au tirage naturel une puissance suffisante pour atteindre la vitesse de 19,5 *n* prévue au marché avec tirage forcé; elle décida, en conséquence, de faire une nouvelle expérience dans des conditions identiques.

4e essai. — Sortie du 30 avril, avec vingt-quatre chaudières au tirage naturel; la vitesse mesurée comme dans les expériences précédentes, sur la grande base de 22 milles, fut trouvée, comme moyenne, de 19,6 *n*; la consommation s'éleva environ à 800 *gr*, la puissance développée fut de 135 *ch* par mètre carré de grille. Sur plusieurs bases, la moyenne fut supérieure à 20 *n*.

Ces résultats étaient extrêmement remarquables puisqu'on dépassait d'un dixième de nœud au tirage naturel, la vitesse maximum prévue avec tirage forcé. Aussi la commission espagnole pleinement satisfaite, décida-t-elle de supprimer tous les autres essais du marché excepté celui de consommation.

Sur le *Garibaldi* livré à la République Argentine, absolument semblable au *Cristobal Colon* comme coque et machine, et n'en différant que par les chaudières qui étaient cylindriques, la vitesse obtenue dans les mêmes conditions n'avait été que de 18,3 *n*; le seul remplacement des appareils cylindriques par des Niclausse a donc fait gagner 1,3 *n*.

5e essai. — Essai de consommation, le 4 mai, avec toutes les chaudières allumées, la vitesse moyenne obtenue a été de 18,3 *n* avec une consommation de 736 *gr* par cheval-heure pendant huit heures.

La commission a constaté que cette vive allure pouvait être maintenue d'une façon continue sans aucune fatigue pour le personnel ni pour les appareils; le *Cristobal Colon* peut donc rivaliser avec nos meilleurs paquebots transatlantiques.

Le charbon employé pendant les essais était de fabrication française et provenait des mines de Nœux; comme à bord des bâtiments de la Marine française, où il est utilisé depuis quelque

temps, il a donné les meilleurs résultats, n'encrassant nullement les grilles; de plus, l'usage de briquettes a permis de mesurer très exactement les consommations qui, d'ailleurs, étaient surveillées très attentivement par les membres de la commission espagnole et les délégués du Ministère de la Marine italienne.

Il est à remarquer que, dans toutes ces sorties, les appareils évaporatoires étaient conduits exclusivement par des chauffeurs italiens qui voyaient pour la première fois des chaudières multitubulaires; les résultats obtenus n'en sont que plus remarquables, et prouvent que ce type de chaudière est d'une conduite aussi facile que celle des chaudières cylindriques. L'allure des machines fut régulièrement de 99 à 100 tours, mais pendant les manœuvres, ces vitesses varièrent et l'on put voir que la pression resta fixe à 15 *k*, que l'alimentation se fit bien, et que les niveaux se maintinrent toujours au milieu des tubes.

Ces magnifiques résultats furent hautement appréciés par la commission de recettes et, comme suite logique, la marine espagnole a, depuis, fait installer ces mêmes générateurs à bord du *Pelayo*, cuirassé de 9 000 *ch*, en remplacement de ses anciennes chaudières hors de service.

Il y a un an; je terminais ma note sur la chaudière militaire marine en formant le vœu qu'après de sérieux essais, un type uniforme de générateurs soit adopté au moins pour des navires de la même catégorie, de manière à simplifier le travail des mécaniciens et des chauffeurs et, en même temps, d'en faciliter le recrutement. J'ai été heureux de voir que c'est précisément l'avis de M. Bertin qui le dit clairement en son livre, page 346.

Enfin, M. le ministre de la Marine et ses Ingénieurs semblent également convaincus, maintenant, de l'excellence du système dont les essais du *Friant* et du *Cristobal Colon* ont mis en relief les remarquables qualités, et ils ont confié aux mêmes constructeurs les générateurs des navires suivants :

Croiseur cuirassé.	*Gueydon*	20 200 *ch*
—	*Kléber*	18 000
—	*Henri IV*	11 500
Cuirassé.	*Requin*	7 000
Croiseur torpilleur	*Fleurus*.	4 000
Torpilleur. . . .	*Téméraire*. . . .	1 500
Canonnière . . .	la *Décidée*. . . .	1 000

5 remorqueurs de 500 *ch* chacun.

Etc., etc...

Ces commandes importantes ont, pour moi, une grand signification parce que la marine est, en général, assez longue à se décider quand il s'agit d'adopter un type nouveau de machine ou de chaudières, et cela non sans raisons, car la circonspection est de rigueur dans une certaine mesure, quand il s'agit du salut de la patrie.

Qu'il me soit donc permis d'adresser ici à l'amiral Besnard et à son haut personnel technique les remerciements d'un grand nombre de nos Collègues et les miens pour la voie nouvelle qu'ils ont bien voulu prendre au sujet des générateurs de notre flotte; qu'ils soient bien persuadés, que, en l'état actuel de l'industrie, c'est cette voie-là qui donnera au moins à nos vaisseaux l'avantage des qualités puisque nous ne pouvons avoir celui du nombre.

NOTE

SUR LES

MODIFICATIONS A APPORTER

AUX COQUES DES NAVIRES

pour limiter les conséquences des naufrages et des collisions

PAR

M. A. LÉVÊQUE

L'emploi des *water-ballast* a rendu et rend à la navigation de grands services, non seulement en permettant, le cas échéant, l'usage de l'eau douce qu'ils renferment pour l'alimentation des chaudières, mais aussi parce que, dans le cas où le navire qui en est muni, viendrait à toucher par le fond, il pourrait perdre sa fausse quille par arrachement, sans cesser pour cela de flotter et de naviguer.

La sécurité des navires est donc augmentée d'une manière appréciable par l'emploi des water-ballast.

Or, il est de la plus haute importance que cette sécurité soit poussée *jusqu'à la limite pratique du possible*.

Il arrive très souvent que le navire touche sur un de ses flancs et non pas sur la quille, et c'est également sur les flancs que se produisent les déchirures provenant des collisions, échouages ou explosions.

Les tôles de la coque, dans ces divers cas, non seulement sont, en général, trouées, mais *décollées* sur une grande longueur, ce qui rend impossible l'étanchement des fuites.

C'est à la construction même du navire qu'il faut demander le remède à ces graves éventualités.

Établissement de cloisons longitudinales.

Supposons que, depuis la flottaison jusqu'au *water-ballast*, on établisse, à babord et à tribord, une cloison longitudinale en tôle de faible échantillon, convenablement étrésillonnée, à une dis-

tance que nous apprécierons plus tard et que l'intervalle entre cette cloison et la carène soit hermétiquement clos.

Établissons dans cet intervalle, au moyen de pompes à comprimer l'air, une pression qui ne dépassera pas *une* atmosphère (une en sus de la pression atmosphérique, *8 mètres* étant le tirant d'eau maximum).

Cette pression d'*une atmosphère* ne sera nécessaire que pour les compartiments inférieurs ; elle sera moindre pour ceux plus rapprochés de la flottaison.

Quel que soit l'accident qui survienne à la carène, ouverture, déchirure, décollement, etc., le navire continuera à flotter.

Distance de la paroi longitudinale à la coque.

Il est, bien entendu, indispensable qu'aucun espace ne soit perdu à bord et, d'un autre côté, on aurait intérêt à écarter le plus possible de la coque la paroi intérieure, autant que la puissance des compresseurs à air le permettrait.

On résoudra la question en créant *un compartiment longitudinal étagé*, qui servira d'entrepôt à certaines catégories de marchandises ou de bagages de dimension restreinte, colis postaux, etc. On pourra aussi réserver certains compartiments pour en faire des soutes.

La classification et la manipulation des petits colis seront facilitées par la création de ces compartiments. Il n'y aura donc aucun espace perdu.

La division en compartiments a encore pour *effet utile*, en cas d'accident ou d'incendie, de limiter en l'isolant, la partie atteinte.

Enfin, quand bien même un des compartiments recevrait des avaries graves avant d'être rempli d'air comprimé, on aurait le temps de recourir à ce procédé et de prévenir une catastrophe, précisément à cause de la limitation de l'accident à la partie atteinte.

Fermeture des compartiments.

Bien entendu, la fermeture des portes d'accès des compartiments devra être aussi hermétique que possible, ce qui est facile à obtenir.

De plus, il n'y aura nul besoin de *sas à air*.

Afin de faciliter les opérations, on réservera les compartiments inférieurs aux colis destinés aux extrémités de lignes.

En comparant le procédé que nous venons d'indiquer avec celui qui est employé dans les caissons à air comprimé pour les substructions de murs de quais, de bajoyers de bassins de radoub, d'écluses, etc., on voit qu'il est facilement applicable.

Limitation de l'emploi de l'air comprimé.

On ne fera fonctionner les pompes à comprimer l'air, ou *compresseurs*, que dans les parages dangereux, ou par des temps brumeux rendant possible un échouage ou une collision.

Une fois les compartiments remplis d'air comprimé, le rôle des compresseurs se limiterait tout simplement à faire face aux fuites et au remplacement de l'air comprimé dans le ou les compartiments qu'on aurait été obligé d'ouvrir pour procéder à la manipulation des colis.

Inutilité des cloisons étanches transversales. — Leur suppression et leur remplacement par les cloisons longitudinales.

On a toujours observé qu'en cas d'accident, les *cloisons étanches transversales* ne remplissaient aucunement leur objet.

On a donc tout intérêt à les supprimer, sauf cependant celles qui servent à isoler les machines et les chaudières du reste du navire, principalement en cas d'incendie.

Quant aux *cloisons étanches longitudinales*, elles doivent exister depuis le *water-ballast* jusqu'à la ligne de flottaison du navire complètement chargé, pour que le maximum de sécurité soit obtenu.

Le prix de revient de ces cloisons longitudinales sera en partie compensé par la suppression des cloisons étanches transversales.

Application des cloisons étanches longitudinales aux navires à vapeur et à certains voiliers.

Le système que nous venons d'indiquer est applicable, non seulement aux navires à vapeur, mais aussi aux voiliers munis d'appareils à vapeur pour le chargement et le déchargement des marchandises, la manœuvre des ancres, etc. L'adjonction de compresseurs et de leur tuyautage rendra possible l'emploi du système.

Calculs relatifs à l'emploi de l'air comprimé dans les chambres longitudinales.

Le travail nécessaire pour comprimer un certain volume d'air est évidemment égal à celui que peut produire le même volume d'air comprimé en se détendant complètement.

Nous pouvons donc calculer ce dernier.

Le travail élémentaire à chaque instant étant dT, est égal à pdv, produit de la pression par l'accroissement de volume.

Or, d'après la loi de Mariotte, les volumes étant en raison inverse des pressions, et P et V étant la pression et le volume initial,

$$\frac{p}{P} = \frac{V}{v}.$$

D'où

$$p = \frac{PV}{v}.$$

On a donc :

$$dT = pdv = PV\,\frac{dv}{v}$$

et

$$T = PV \int \frac{dv}{v} = PV \text{ log. hyp. } \frac{V_1}{V},$$

V_1 étant le volume final après la détente complète d'un volume d'air V comprimé sous la pression P.

Inversement, la compression étant exactement le phénomène inverse de la détente pour arriver finalement à la pression atmosphérique, la formule précédente donnera le travail nécessaire pour comprimer V_1, le volume primitif de l'air, pour amener ce volume à celui de V, sous la pression P.

On aura donc, par une même table, le *travail théorique* que peut produire *un mètre cube d'air comprimé, par sa détente complète*, c'est-à-dire l'utilisation intégrale de son *énergie* et *celui nécessaire pour obtenir ce mètre cube par compression : ce sont les mêmes quantités.*

La formule précédente comprend tous les cas possibles, mais l'emploi du tableau suivant, calculé par M. l'Ingénieur suédois Lindelof, présente une grande commodité.

Pressions en atmosphères.	*Kg*	Chevaux en 1 heure.	1 *ch* produit en 1 heure.
1	0	0	∞
2	14330	0053	18845 m^3
3	34060	0126	7926
4	57310	0212	4716
5	83170	0308	3246
6	111110	0412	2430

Application des cloisons longitudinales à un navire de 120 *m* de longueur. — Calcul de la force nécessaire pour comprimer l'air.

Le volume d'air à comprimer sera environ de :

$$2 \times 120 \times 5{,}00 \times 1{,}50 = 1\,800\ m^3,$$

en supposant :

6 m de tirant d'eau, dont *1 m* de water-ballast.

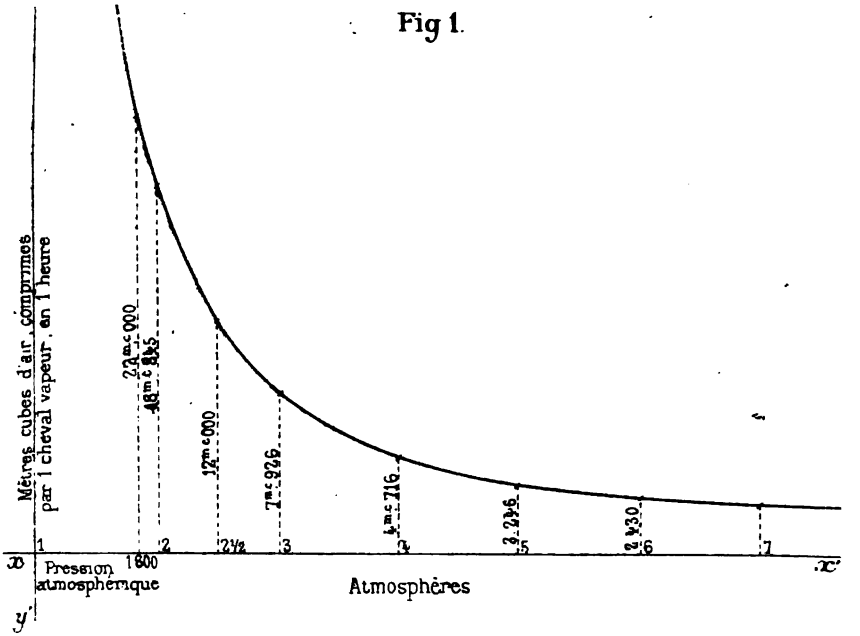
1,50 m d'écartement entre les cloisons longitudinales et la coque.

En supposant deux machines à vapeur distinctes et deux compresseurs à air, chacune des machines aura à comprimer *900* m^3 d'air.

Construisons, à l'aide du tableau ci-dessus, une courbe indiquant les volumes d'air comprimé produits en 1 heure par 1 cheval-vapeur, aux pressions indiquées audit tableau.

Prenons les pressions comme *abscisses* et les mètres cubes d'air produits, comme *ordonnées (fig. 1)*.

Fig 1.



On voit immédiatement que cette courbe a pour *asymptotes* les axes des x et des y.

Échelle des abscisses : 0,030 m par atmosphère.

Échelle des ordonnées : 0,005 m par mètre cube.

La pression devant s'exercer sur une hauteur maximum de *5 m*, soit sur une hauteur moyenne inférieure à *4 m*, nous supposerons que la force à transmettre directement au piston des compresseurs doit être le double de celle théorique, à cause des frottements, des pertes et des fuites. La pression doit donc être de $\frac{8}{10,33}$ d'*atm*, soit *4/5* d'*atm*, c'est-à-dire *1,80 atm*, en tenant compte de la pression atmosphérique.

En interpolant dans la figure ci-dessus, on trouve que le volume d'air comprimé à 1,80 *atm*, produit par 1 cheval-vapeur en 1 heure, est de *22* m^3.

Chacune des deux machines à vapeur devrait donc être de la force de :

$$\frac{900}{22} = 41 \text{ ch environ,}$$

pour produire en 1 heure, à 1,80 atm, les 900 m^3 d'air nécessaires; ou bien de *20 ch 1/2 pour produire cette même quantité en 2 heures*, ou bien encore de *14 ch pour la produire en 3 heures*, etc.

Et nous ferons remarquer que les machines que nous venons de calculer seront plus que suffisantes, car les compartiments supérieurs auront besoin d'une pression moins forte que les compartiments inférieurs et les calculs tiennent compte seulement de cette dernière.

Comparaison avec le travail dans les caissons à air comprimé.

Au port de la Pallice, chaque caisson avait *22 m* de longueur, *10 m* de largeur et *2 m* de hauteur sous plafond. Ce caisson travaillait à *11,56 m* de profondeur.

Le refoulement (ou la compression) de l'air nécessitait donc moyennement et pratiquement une pression de *2 1/2 atm* (y compris la pression atmosphérique).

Une simple interpolation dans la courbe ci-dessus, fait voir qu'à cette pression, 1 cheval-vapeur produit en 1 heure *12* m^3 *d'air comprimé*.

Le volume à produire étant :

$$22 \times 10 \times 2 = 440 \ m^3,$$

il a fallu une machine de $\frac{440}{12} = 36\ 2/3\ ch$, pour produire cette quantité d'air comprimé à *2 1/2 atm*, en 1 heure.

Une machine de *18 ch* l'aurait produite en 2 heures, etc.

A bord d'un navire, on a généralement tout le temps que l'on désire pour produire la pression nécessaire.

Mais il vaut mieux, pour parer à des cas imprévus, avoir des machines et des compresseurs plutôt forts.

Installation des cloisons longitudinales, des machines et de leur tuyautage. — Augmentation du prix du navire.

Nous avons dit antérieurement que les tôles des cloisons longitudinales seront d'aussi faible échantillon que possible, armées suffisamment pour maintenir leur rigidité.

Comme elles remplacent les cloisons transversales, il n'y a là qu'une différence de prix appréciable, il est vrai, et variable suivant les dimensions des navires.

Les prix des machines à vapeur, des compresseurs et de leur tuyautage, variables également suivant les navires, ne grèveront pas outre mesure, on l'a vu par la force des machines, le devis de la construction.

D'ailleurs, le supplément de dépense dû à ces appareils et à ces installations sera rapidement amorti par la diminution de tarifs que les Compagnies d'Assurances Maritimes ne manqueront pas de consentir en faveur des navires munis des installations que nous venons d'indiquer.

Augmentation de la résistance des navires.

Nous ferons remarquer que l'adoption de cloisons longitudinales, indiquées dans le croquis *(fig. 2)*, augmentera la résis-

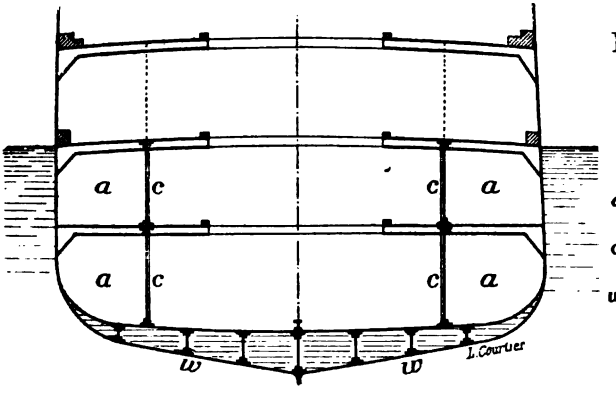


Fig. 2

tance des navires dans une proportion qu'il nous sera facile de calculer.

Calcul de l'augmentation de résistance du navire, due à l'adoption des cloisons longitudinales.

Pour connaître cette augmentation de résistance, la formule de Fairbairn

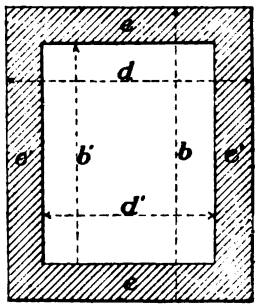
$$W = a \times b \times c,$$

dans laquelle c est le coefficient de charge (R dans les formules françaises), n'est pas applicable, car elle ne tient aucun compte de la résistance des parois verticales du navire.

Il est cependant facile de la faire entrer dans les calculs.

Supposons que les sections horizontales, supérieure et inférieure, soient égales *(fig. 3)*.

Fig. 3.



Considérons le navire comme une poutre creuse, dont les hauteurs, extérieure et intérieure, soient respectivement b et b', et les largeurs, d et d' ; e', la somme des épaisseurs de la coque et de la cloison longitudinale ;

$$e' = E' + E'',$$

(E', épaisseur de la coque) ;

(E'', épaisseur de la cloison longitudinale).

Posons :

W, force extérieure agissant à une distance l de la section considérée ;

a, aire de la section transversale de l'une des deux plaques, supposées de même forme et de même étendue.

Posons de même :

$$A = \frac{1}{12} db^3, \qquad A' = \frac{1}{12} d'b'^3, \qquad i = \frac{b}{2}.$$

Nous aurons : $$Wl = R \times \left(\frac{A - A'}{i}\right).$$

e étant l'épaisseur des parois horizontales,

e' celle des parois verticales,

on aura : $$b' = b - 2e, \qquad d' = d - 2e',$$

et $$A - A' = \frac{db^3 - d'b'^3 + 2e'b'^3}{12}.$$

D'où $$Wl = R\left\{ ab + \frac{2(E' + E'')b'^3}{6b} \right\}.$$

Cette formule montre bien l'augmentation de résistance due à la cloison longitudinale.

Elle prouve aussi que l'on pourrait diminuer l'épaisseur de la coque, tout en conservant au navire la même solidité. On obtiendrait de ce chef une économie notable.

Nota. — Dans le cas où les sections, supérieure et inférieure, seraient inégales (ce qui arrive le plus souvent), on tiendrait compte seulement de la plus faible des deux, ce qui donnerait une résistance inférieure à celle que le navire peut supporter en réalité.

Remarque.

Nous n'avons bien entendu fait qu'indiquer ici la voie dans laquelle nos constructeurs, semble-t-il, feraient bien de s'engager.

Nul doute que leur habileté bien connue ne tire de cette idée si simple un grand avantage au profit des équipages des navires, des passagers et du matériel.

NOTE

SUR LES

CHAUDIÈRES A ÉMULSION DE VAPEUR

PAR

M. M. JOUFFRET

La communication que je vais avoir l'honneur de vous soumettre, a pour objet l'une des questions qui, à juste titre, intéressent le plus vivement, depuis de longues années, le monde des Ingénieurs : celle de *la circulation de l'eau dans les chaudières à vapeur*.

Contrairement aux principes admis autrefois, et partout enseignés, il est aujourd'hui clairement démontré que cette circulation *ne peut pas* exister du moins complètement par elle-même, et qu'il faut la provoquer.

Cette théorie nouvelle concernant un sujet qui est devenu d'actualité, a été consacrée judiciairement, dans un procès entre une grande Compagnie d'électricité et une importante maison de construction, laquelle, après avoir vendu des chaudières à grande circulation d'eau, n'a pu se soustraire aux réclamations de l'acheteur, qu'en démontrant expérimentalement au prétoire que cette circulation ne pouvait pas exister. Ce procès et les expériences qui ont dû être faites pour éclairer la religion des juges ont été relatés en janvier 1896 dans le journal américain *Power* et le journal *The Engineer*.

Il résulte des remarquables essais de Lavington E. Fletcher, directeur de l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de Manchester, essais publiés en 1891, dans le journal anglais *Engineering*.

1° Que dans les chaudières à grand volume, où une masse d'eau se trouve au-dessous du plan de la grille, elle y reste cantonnée, et ne participe en aucune façon aux mouvements qui se produisent au-dessus de ce plan.

2° Que ces chaudières peuvent être mises en service et produire du travail, tout en ayant, dans leurs parties basses, des volumes

considérables d'eau à une température voisine de celle de l'alimentation.

En 1893, M. Dubiau, directeur de l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de Marseille, en appliquant des niveaux d'eau sur les têtes des chaudières à bouilleurs, a démontré : qu'un espace de vapeur intermédiaire se formait dans ces bouilleurs, suivant inversement les fluctuations de la hauteur du niveau dans le corps supérieur.

Enfin, dans l'année 1894 :

En Amérique : M. Hogan,
En Angleterre : le journal *The Engineer*,
En Autriche : M. Fritz Krauss,
En France : M. Ch. Bellens,

Ont contesté simultanément la théorie de la circulation de l'eau dans les chaudières multitubulaires. Or, ces dernières constituaient à nos yeux le type de générateur de vapeur le plus parfaitement disposé pour provoquer, maintenir et utiliser une circulation d'eau très active.

Si l'on considère la circulation défectueuse, on s'expliquera aisément la plupart des inconvénients relevés dans la pratique, par l'emploi industriel des chaudières. Dès lors, les appareils qui permettent de produire une circulation méthodique et régulière, doivent appeler tout particulièrement l'examen attentif de l'Ingénieur. Les résultats obtenus par la circulation artificielle ont été partout satisfaisants. On a, néanmoins, constaté un grave inconvénient : la difficulté de maintenir en parfait état de fonctionnement, des appareils délicats, formant un mécanisme auxiliaire, et entraînant une dépense considérable supplémentaire de combustible.

Nous arrivons, Messieurs, à l'objet proprement dit de ma communication : l'*Emulseur de vapeur*, qui fonctionne automatiquement, par le seul fait de la production de la vapeur et au moyen d'organes fixes de la plus grande simplicité, à l'exclusion de toute pièce en mouvement.

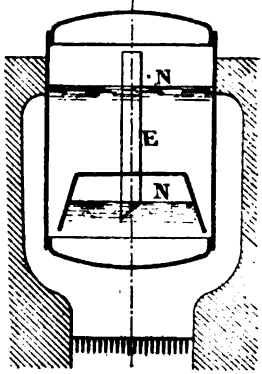
Connaissant les inconvénients que nous avons énumérés plus haut, M. Paul Dubiau, directeur de l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur du Sud-Est, s'est appliqué à construire un appareil qui ne les présentât pas. Ses recherches l'ont conduit à la construction de l'émulseur de vapeur.

Cet appareil utilise un phénomène purement physique pour

donner un mouvement continu à toute la masse d'eau d'un générateur.

On peut se rendre compte du principe de l'appareil, par la figure schématique ci-contre *(fig. 1)*.

Fig.1.



Si, dans un récipient quelconque chauffé, nous plaçons, au-dessous du plan d'eau, une cloche ou un caisson C dans le voisinage de la surface de chauffe, la vapeur engagée sous cette cloche ne trouvant pas d'issue, s'y accumulera jusqu'au moment où le plan d'eau secondaire qu'elle y détermine, viendra effleurer l'ouverture du tube E, inséré dans la paroi supérieure de la cloche. Ce tube y pénètre jusqu'à un certain point et débouche à la partie supérieure dans l'espace principal occupé par la vapeur, situé au-dessus du plan normal N.

A ce moment, la vapeur emprisonnée sous la cloche se trouvera en communication directe par le tube E, avec l'espace principal occupé par la vapeur. La vapeur en N′ se précipitera dans le tube, elle élèvera en même temps la colonne d'eau qu'il contient, et aspirera un nouveau volume d'eau sous la cloche.

Le phénomène est continu tant qu'il y a production de vapeur, le niveau en N′ reste constant, puisque l'eau élevée par le tube revient sous la cloche par les côtés ou par tout autre orifice ménagé pour assurer son retour.

Lorsqu'on commence à chauffer cet appareil le fonctionnement est intermittent. L'eau qui se trouve sous la cloche entre la première en ébullition, l'espace de vapeur intermédiaire se forme et le tube fonctionne.

Mais aussitôt ; un volume d'eau à température plus basse se trouve appelé sous la cloche, la vapeur de l'espace intermédiaire se condense et la cloche se remplit d'eau. Le cycle se répète plusieurs fois à des intervalles de plus en plus rapprochés, jusqu'au moment ou, toute la masse d'eau ayant été amenée à la température d'ébullition, le phénomène devient régulier et continu.

L'*Appareil Emulseur* a donc pour effet :

1° D'égaliser pendant la mise en pression, la température de toute l'eau contenue dans la chaudière.

2° Ce résultat une fois obtenu, de provoquer et de mainte-

nir une circulation certaine et régulière dont nous allons voir l'importance.

La *Société Universelle* des émulseurs de vapeur, qui a été constituée pour l'exploitation de cette invention, a entrepris une série de recherches et d'études expérimentales, pour déterminer la loi du phénomène ainsi que les conditions d'installation de l'appareil dans les générateurs, pour assurer dans la pratique, les avantages de cette circulation très active.

Le résultat de ces expériences est le suivant :

Le volume d'eau pouvant être mis en mouvement par un faisceau de tubes émulseurs, convenablement calculé et installé, restera à peu près constant, quelles que soient les variations d'allures de la chaudière :

Ces essais exécutés avec une grande précision et contrôlés à plusieurs reprises, permettent au constructeur de disposer et de proportionner les appareils suivant les différentes applications pratiques auxquelles ils sont destinés.

Pendant la période d'études, M. Bellens, qui dirige la Société des émulseurs, a appliqué, avec des dispositifs variés, l'émulseur à plus de 200 chaudières de types différents, en service chez des industriels français et à l'étranger.

Ces chaudières utilisaient diverses sortes de combustibles, et elles étaient alimentées avec des eaux dont le titre a varié dans des limites très étendues.

Les constatations relevées de cette façon, sur des appareils en fonctionnement normal, ont une valeur pratique bien supérieure à celle qu'on aurait pu réaliser sur un appareil d'expérience, placé dans des conditions particulières et exceptionnelles.

A la suite de nombreux essais, on est ainsi parvenu à déterminer les dispositions types qu'il convenait d'adopter pour assurer le fonctionnement régulier de l'appareil émulseur.

Les principaux avantages obtenus par la circulation active et certaine que provoque l'émulseur, sont les suivants :

Amélioration du rendement des chaudières, permettant, en cas de besoin, une diminution considérable dans le rapport admis entre la surface de chauffe et la surface de grille ;

Possibilité d'employer les fortes allures de grilles, sans endommager la chaudière ;

Suppression des dilatations inégales occasionnées par d'importantes différences de températures de la masse d'eau ;

Retard considérable apporté à la formation de la première couche de dépôts durs sur les parois de coup de feu ;

Suppression des entraînements d'eau.

Ceux-ci jouent un rôle considérable dans le fonctionnement des moteurs et des chaudières :

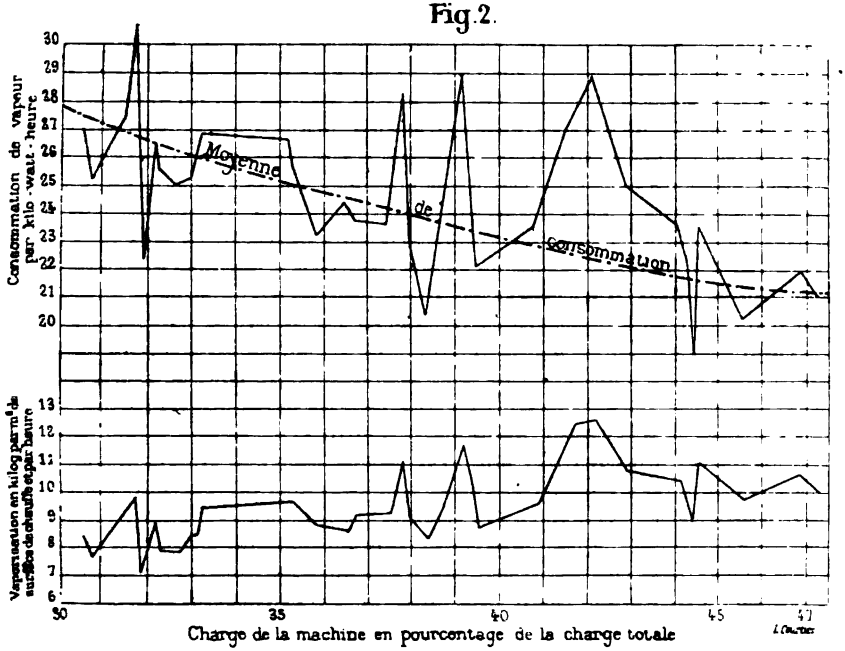
1° Ils faussent toujours très notablement les résultats des essais de vaporisation des générateurs ;

2° Ils augmentent considérablement les consommations de vapeur et de combustible des moteurs.

M. Friedrich Ross, ingénieur à Vienne, s'est livré à une série de recherches expérimentales, pour démontrer l'exactitude des observations relevées plus haut, le résultat de ses recherches a été rendu public dans sa conférence au Congrès des électriciens allemands à Eisenach en juin 1897.

Le phénomène dont il est question plus haut est important, surtout avec les chaudières à tubes d'eau. Voici *(fig. 2)*, le dia-

Fig.2.



gramme publié par M. Ross : il groupe les relevés faits dans une des plus importantes stations centrales d'électricité du continent.

Les chaudières de cette station sont des multitubulaires de trois types similaires les plus répandus.

Jusqu'ici il a été admis que ces chaudières donnaient de la vapeur sèche lorsque l'allure ne dépassait pas 10 à 12 *kg* d'eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe et par heure ; il était intéressant de vérifier si cela était exact, et si un écart de 2 à 3 *kg* par mètre carré, dans les allures faibles, amenait une différence de consommation de vapeur par unité de travail.

Pendant quatre journées consécutives, on a relevé heure par heure le travail électrique d'un même groupe de machines et de dynamos, durant le service de nuit. On relevait en même temps le poids d'eau d'alimentation des chaudières.

Seul, le nombre de chaudières en service a varié chaque jour, afin de réaliser une allure différente par mètre carré de surface de chauffe.

Les ordonnées de la courbe supérieure du diagramme, représentent les consommations du groupe moteur.

Celles de la courbe inférieure, les allures correspondantes des chaudières par mètre carré de surface de chauffe. On a porté en abscisses le pourcentage de la charge du groupe moteur.

La courbe en pointillé (consommation moyenne) représente la moyenne des observations relevées ; elle est régulière, et au fur et à mesure que la charge du groupe moteur se rapproche de la charge normale complète, elle tend à baisser ; ce qui est rationnel. La forme et la position de cette courbe sont une vérification graphique de l'exactitude des observations, puisque les pertes par conductibilité et rayonnement des conduites et des organes moteurs, peuvent être considérés comme constants quelle que soit la charge du groupe.

Pour prendre un exemple, l'examen du diagramme montre que, lorsque la charge du groupe est d'environ 32 0/0, si le travail est produit avec une surface de chauffe suffisante pour que l'allure de la vaporisation soit d'environ 7 *kg* par mètre carré et par heure, la consommation par kilowat-heure est de 22,5 *kg* de vapeur. Au contraire, si le même travail est produit avec une allure de 9 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe, la consommation est de 26,5 *kg* par kilowat-heure, et monte à 30,5 *kg* si l'allure des chaudières est de 10 *kg* par mètre carré.

A 38 0/0 de la charge totale, nous constatons que :

L'allure de *8,5 kg* par mètre carré aux chaudières donne une consommation de *20,5 kg par kilowat-heure ;*

L'allure de *9 kg* par mètre carré aux chaudières donne une consommation de *22,5 hg par kilowat-heure ;*

L'allure de *11,2 kg* par mètre carré aux chaudières donne une consommation de *28,2 kg par kilowat-heure.*

A 44 0/0 de la charge totale :

L'allure de *9 kg* par mètre carré aux chaudières donne une consommation de *19 kg par kilowat-heure ;*

L'allure de *9,75 kg* par mètre carré aux chaudières donne une consommation de *22,2 kg par kilowat-heure :*

L'allure de *10,6 kg* par mètre carré aux chaudières donne une consommation de *23,8 kg par kilowat-heure.*

Pendant les essais, l'allure la plus vive des chaudières a été de 12,6 *kg*, avec une consommation de 29 *kg* par kilowat-heure, à une charge de 42 0/0 ; là où la moyenne donne une consommation de 22,5 *kg*.

La courbe des consommations de vapeur par unité de travail, suit fidèlement toutes les variations de la courbe de l'allure des chaudières.

Elle montre l'énorme quantité de combustible dépensé en pure perte sous l'influence d'une variation même très faible dans la qualité de la vapeur.

L'eau entraînée mécaniquement par la vapeur a une grande influence sur le fonctionnement des moteurs. En effet, pendant la période d'émission, cette eau doit se vaporiser partiellement aux dépens de la chaleur emmagasinée dans les parois ; et cette chaleur ne peut leur être restituée que pendant la période d'admission et de détente, et par un poids de vapeur vive qui ne fait que traverser le cylindre pour le réchauffer, sans y produire aucun travail.

C'est la première fois, et grâce à ces expériences, que ce phénomène a été clairement mis au jour.

Les méthodes généralement employées pour mesurer les entraînements d'eau, sont toutes basées sur un principe théoriquement exact, mais elles ne portent que sur un échantillon d'une veine du courant de vapeur. Dans la pratique, il est impossible d'obtenir un échantillon donnant la composition exacte du mélange de toute la masse.

A défaut de titrages en valeur absolue exacte, M. Bellens a adopté cette méthode d'essais comparatifs, en mesurant l'eau d'alimentation par unité du travail produit par le même moteur, fonctionnant dans les mêmes conditions.

Il a ainsi pu constater :

1° Que l'émulseur produisait une économie d'eau d'alimentation ;

2° Que l'économie de combustible provenant de la suppression des entrainements et de l'amélioration du rendement des chaudières, atteignait jusqu'à 30 0/0, par comparaison avec des chaudières ordinaires fonctionnant aux allures nécessaires, de l'avis général, pour qu'elles donnent de la vapeur sèche et un bon rendement.

En discutant les chiffres d'un tableau d'essai je montrerai tout à l'heure que cette différence de consommation existe, même si l'on considère de la vapeur surchauffée, suivant qu'elle est produite par de la vapeur saturée, sèche ou humide.

Les entraînements d'eau proviennent de la déchirure de la pellicule liquide qui enserre la bulle de vapeur, au moment où elle crève à la surface du plan d'eau. C'est un phénomène de la tension superficielle de l'eau : chaque bulle qui crève projette dans l'espace de la vapeur, une goutelette d'eau ; et celle-ci est saisie par le courant de vapeur qui la transporte dans les conduites et dans les cylindres des machines.

Ces particules extrêmement divisées n'ont pas un moment suffisant pour obéir à la gravité qui les sollicite, et traverser la veine gazeuse animée d'une grande vitesse ; elles sont entraînées par le courant. C'est la raison de l'inefficacité des différents dispositifs adoptés pour débarrasser la vapeur de l'eau qu'elle véhicule en suspension, et qui n'est arrêtée, par ce moyen, qu'en faible partie.

Au contraire, dans les chaudières munies de l'appareil Dubiau, l'ébullition tumultueuse se produit au-dessous de la cloche d'émulsion. Les projections liquides ont lieu sous cette cloche, où l'espace de vapeur est faible. La majeure partie des gouttelettes liquides est projetée contre les parois de la cloche. Il est possible qu'un phénomène d'essorage vienne se joindre, lors du passage de la vapeur par les tubes, et contribuer, par là, à une très sensible amélioration de la qualité de la vapeur. Cette amélioration a été constatée dans tous les cas où des chaudières à émulseurs ont été employées.

Connaissant le fonctionnement de l'appareil émulseur, on peut, à l'aide d'indicateurs de niveau, le contrôler du dehors, pendant la marche. On a ainsi le moyen de vérifier la régularité cons-

tante du plan d'eau d'émulsion et le balayage des surfaces de coup de feu.

On sait que la production de cette partie de la surface de chauffe est considérable, et qu'elle atteint, suivant les allures des grilles, 65, 70 et parfois 75 0/0 du volume total de vapeur produit par la chaudière. On peut attribuer à cette énorme production par unité de surface les avaries de chaudières, qui se produisent le plus souvent dans cette région. Ce sont donc les parties qu'il faut laver énergiquement, et dans les applications de l'émulseur, ce sont celles sur lesquelles on dirige le courant de l'eau.

On s'est toujours attaché, dans l'établissement d'un type de chaudière, à réaliser la circulation dite méthodique : c'est-à-dire à amener l'eau la plus chaude au foyer, faire cheminer les gaz en sens inverse de l'eau, et leur procurer une issue, là où la température de l'eau est plus basse. On amène ainsi au coup de feu de l'eau qui, en cours de route, a été amenée progressivement à la température d'ébullition. Dans ces conditions, toute la chaleur absorbée par les tôles de coup de feu est utilisée par l'eau comme chaleur de vaporisation : c'est la cause de la grande production en volume que nous venons d'indiquer.

Grâce aux dispositions adoptées pour l'application de l'émulseur aux chaudières, c'est l'inverse que l'on produit : une circulation anti-méthodique, pour ainsi dire. On appelle au coup de feu de l'eau qui n'est pas à la température d'ébullition correspondant à la pression exercée en cet endroit.

Avant qu'il y ait production de vapeur, cette eau absorbe, pour être amenée à la température d'ébullition, une certaine quantité de chaleur, d'où diminution du volume de vapeur au coup de feu et absorption de chaleur par l'eau. On sait combien ce dernier mode d'absorption facilite la transmission de la chaleur.

C'est à cette disposition particulière qu'il faut attribuer la plus grande absorption de chaleur dans le foyer des chaudières à émulsion, qui permet, suivant les cas, d'améliorer le rendement, ou de le maintenir en supprimant une partie de la surface de chauffe indirecte.

Voici comment on dispose l'appareil émulseur dans les types de chaudières les plus répandus chez nous.

La figure 4 représente une chaudière à deux bouilleurs et à trois cuissards de communication par bouilleur.

A l'arrière, et à une courte distance du premier cuissard, un

diaphragme en tôle A est placé. Sur ce diaphragme, un bac à boues circulaire B est fixé. Ce bac à boues règne sur une certaine longueur, allant de l'avant (vers la tête du bouilleur) jusqu'à 2 ou 3 *m* en arrière de l'autel. Tout autour de ce bac à boues un intervalle libre est ménagé pour le passage de l'eau. La partie du bac en avant de la cloison A, qui surplombe la grille est coiffée d'une cloche C dont les bords viennent toucher par côté la vi-

Fig 3.

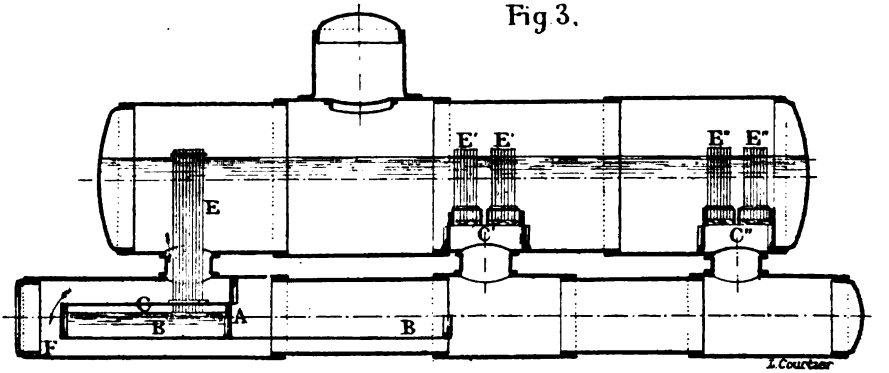
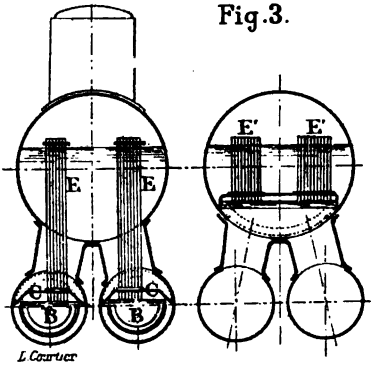


Fig.3.



role du bouilleur. A l'avant, la cloche et le bac sont assemblés par une tôle de fermeture F. Sur la cloche C est monté un faisceau de tubes émulseurs E.

Deux caissons C′ et C″ sont montés dans le corps cylindrique, au débouché des deuxième et troisième série de cuissards, et portent chacun un groupe de faisceaux émulseurs E′, E″.

Examinons maintenant le fonctionnement de l'appareil ainsi disposé.

La vapeur, produite au coup de feu, viendra s'accumuler sous les cloches C, par les passages ménagés entre les bacs à boues et les bords de ces cloches. De là, elle passera directement, par les faisceaux E, dans l'espace de vapeur supérieur. La vapeur produite dans les bouilleurs en arrière du diaphragme A, se dégagera par les cuissards, dans les caissons C′ et C″ ; et, de là, par les groupes de faisceaux E′ et E″, dans l'espace de vapeur. Le volume total d'eau mis en mouvement par les émulseurs, viendra

balayer les tôles de coup de feu, dans l'intervalle ménagé entre ces tôles et les bacs à boues. Une partie de ce volume sera élevée par les faisceaux E, et le reste cheminera le long des bouilleurs, appelé par les groupes de faisceaux E′ et E″.

Ce volume d'eau fera retour par les cuissards avant, passera au-dessus des cloches C jusqu'aux têtes des bouilleurs, et, de là, passera sous les bacs à boues. L'importance des faisceaux E est calculée de façon à laisser dans les cuissards de l'avant, une section libre, suffisante pour le retour.

Voici les résultats des essais comparatifs qui ont été faits sur deux chaudières à bouilleurs, l'une munie du dispositif de circulation que nous venons de décrire, et l'autre construite dans les conditions ordinaires.

Ces essais ont été réalisés en septembre dernier, aux Ateliers Diéderichs à Bourgoin (Isère), par les soins de l'Association Lyonnaise des Propriétaires d'appareils à vapeur. L'application de l'émulseur à cette chaudière datait de 1896. Elle était en fonctionnement depuis plus d'une année.

Les deux chaudières de l'expérience sont identiques, montées en un même massif et desservies par la même cheminée. Au moment des essais, toutes deux venaient d'être munies de foyers soufflés, et le but des essais était de constater :

1° La différence de rendement produite par l'émulseur ;

2° La différence du prix de revient de la tonne de vapeur, en fonctionnant avec la grille non soufflée et le combustible ordinaire de l'Usine, ou la grille soufflée est un combustible de qualité inférieure.

Le tableau n° 1 résume les constatations relevées par l'Association de Lyon.

Le service de la chauffe, pendant les essais, a été confié à un même chauffeur de l'usine, qui a conduit les feux comme en service courant.

Pendant la première période (grille non soufflée) le combustible était du tout venant de la Loire, et coûtait 22,75 *f* la tonne à l'usine.

Le kilo de ce combustible a vaporisé sous la chaudière ordinaire, en combustible brut 6,898 *kg* d'eau ; et, en combustible pur et sec, 8,226 *kg* d'eau.

Sous la chaudière à émulseur il a vaporisé : en combustible brut, 7,815 *kg* d'eau, et, en combustible pur et sec, 9,265 *kg* d'eau : soit une augmentation de rendement en faveur de l'émulseur

Tableau N° 1.

	CHAUDIÈRES HORIZONTALES à 2 bouilleurs et 2 réchauffeurs		CHAUDIÈRES HORIZONTALES à 2 bouilleurs et 2 réchauffeurs	
	avec émulseur de vapeur — N° 184 de l'Association Lyonnaise — Essai du 15 sept. 1897	sans émulseur de vapeur — N° 183 de l'Association Lyonnaise — Essai du 16 sept. 1897	avec émulseur de vapeur et soufflage à la vapeur — N° 184 — Essai du 17 sept. 1897	sans émulseur de vapeur, mais avec soufflage à la vapeur — N° 183 — Essai du 18 sept. 1897
Durée de l'essai	9 h. 50	10 heures	10 heures	10 heures
Surface de chauffe de la chaudière	36 m^2	36 m^2	36 m^2	36 m^2
Surface de chauffe des réchauffeurs	25 m^2	25 m^2	25 m^2	25 m^2
Surface de chauffe totale	61 m^2	61 m^2	61 m^2	61 m^2
Surface de grille	2,20 m^2	2,13 m^2	2,20 m^2	2,13 m^2
Eau totale alimentée et vaporisée	8 444,5 l	8588,5 l	8809,2 l	8462 l
Température moyenne de l'eau d'alimentation	22° 9	19° 04	22° 05	21° 02
Pression moyenne de vaporisation	5,740 kg	5,655 kg	5,660 kg	5,625 kg
Combustible brut brûlé	1 067,7 kg	1 245 kg	»	»
Prix 16,25 f la tonne à la mine + 6,50 f transport = 22,75 f la tonne	24,29 f	28,32 f	»	»
Combustible brut brûlé	»	»	1 350 kg	1 440 kg
Prix : 7,50 f la tonne à la mine + 6,50 f, transport . 14 f la tonne	»	»	18,90 f	20,16 f
Combustible pur et sec brûlé	900,520 kg	1 044,160 kg	1 114,750 kg	1 182,220 kg
Température moyenne des gaz à la sortie du 3e carneau (avec les réchauffeurs)	323°	332°	355°	352°
Teneurs en acide carbonique relevés dans la combustion	11 0/0	10,8 0/0	11,14 0/0 m	10,56 0/0 m
Eau à la température d'alimentation vaporisée aux pressions indiquées — par kilogramme de combustible brut	7,815 kg	6,898 kg	6,525 kg	5,876 kg
Eau à la température d'alimentation vaporisée aux pressions indiquées — — — pur et sec.	9,265 kg	8,226 kg	7,902 kg	7,157 kg
Eau vaporisée par heure et mètre carré de chauffe de — surface de chauffe directe	23,570	23,850	24,500	23,500
Eau vaporisée par heure et mètre carré de chauffe de — — — totale	13,910	14,080	14,440	13,870
Prix de revient en houille brute brûlée, de la tonne de vapeur à 5 kg (eau prise à 0°)	3,010 f	3,390 f	2,218 f	2,457 f
En tenant compte des chiffres approximatifs donnant la vapeur employée par la soufflerie, on obtient comme prix de la tonne de vapeur à 5 kg	»	»	2,320 f	2,570 f

s'élevant à 13,3 0/0 pour la vaporisation en combustible brut et humide.

Pendant la deuxième période, — grille soufflée, — le combustible était un mélange de fines lavées de la Loire, coûtant 14 *f* la tonne à l'usine.

Le kilo de ce combustible a vaporisé sous la chaudière ordinaire, en combustible brut, 5,876 *kg* d'eau, et, en combustible pur et sec, 7,157 *kg* d'eau.

Sous la chaudière à émulseur, il a vaporisé : en combustible brut 6,312 *kg* d'eau, et, en combustible pur et sec, 7,902 *kg* d'eau, soit une augmentation de rendement, en faveur de l'émulseur, s'élevant à 11 0/0, pour la vaporisation en combustible brut et humide.

Malgré la différence constatée entre les rendements des deux qualités de combustibles, le prix de la tonne de vapeur a été notablement inférieur, avec le mauvais combustible et la grille soufflée. La tonne de vapeur utile a coûté :

Avec du charbon à 22,75 f :

Sans émulseur.	3,39 *f.*
Avec émulseur.	3,01

Avec du charbon à 14 f :

Sans émulseur.	2,57
Avec émulseur.	2,32

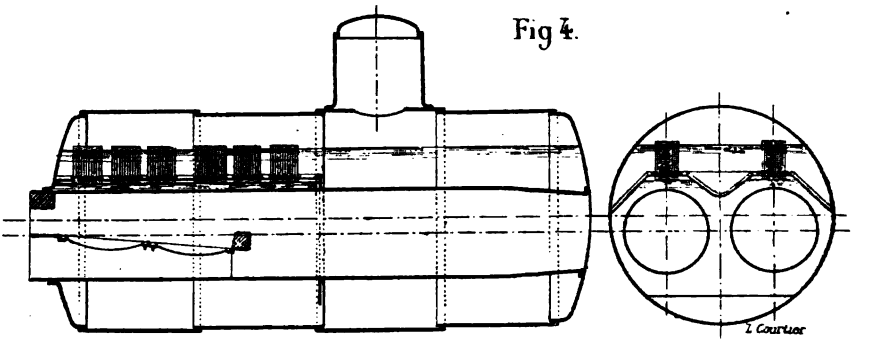
Mais, à notre avis, cette différence entre les deux modes de chauffage doit être attribué à la faible allure des grilles, surtout avec le foyer soufflé et tendrait à diminuer avec des allures de grilles moins lentes.

La disposition adoptée pour l'application de l'émulseur aux chaudières à foyers intérieurs, est représentée schématiquement à la figure 4 sur un générateur à deux tubes foyer.

Une cloche à profil en M, est posée sur les foyers, directement au-dessus de la grille et se prolonge en arrière de l'autel. Cette cloche fait joint sur le fond avant de la chaudière. A son autre extrémité, elle est assemblée à une cloison verticale qui embrasse les deux foyers et s'arrête à une certaine distance de la partie la plus basse du corps cylindrique, en laissant un espace libre par lequel s'effectuera l'arrivée de l'eau appelée sous la cloche, par les appareils d'émulsion. Ceux-ci sont montés, comme le montre la figure, sur la partie haute de la cloche et directement

au-dessus des ciels de foyers. Le fonctionnement de ce dispositif n'a pas besoin d'explications.

Fig 4.



Le tableau n° 2, page 93, donne les résultats d'essais comparatifs faits sur quatre chaudières semblables, par M. Merlini, Directeur du laboratoire technique de l'École Polytechnique de Milan, chez MM. Pirelli et C^ie^, gros manufacturiers de caoutchouc de cette ville, en octobre 1896.

Les essais ont été réalisés de la manière suivante :

On a fait, pendant le service courant de l'usine des relevés pour une période de cinq heures. Le charbon employé était du Cardiff tout venant, et le même chauffeur a conduit les feux. Cette installation de chaudière est complété par un réchauffeur d'eau d'alimentation, et le tirage est obtenu mécaniquement, par un ventilateur aspirant les produits de la combustion, et les refoulant dans la cheminée qui desservait primitivement ce même groupe.

Le rendement des chaudières ordinaires, sans émulseur, est déjà très satisfaisant, si l'on tient compte de l'allure de 27 *k* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe qu'elles ont fournis aux essais.

Ce rendement a été, du fait de l'émulseur, augmenté de 14 0/0 environ par kilogramme de combustible brut.

M. Merlini, qui avait été chargé par les propriétaires de l'usine, de faire les essais, n'a pas pu faire de relevé en travail, sur la machine actionnée successivement par les deux chaudières munies d'émulseurs et les deux chaudières ordinaires. La machine étant trop chargée ne maintenait sa vitesse qu'à une pression minima de 6,5 *kg*. Les deux chaudières sans émulseurs étaient timbrées à 6 *kg*. Mais, le fait que les deux chaudières avec émulseurs fournissaient de la vapeur de meilleure qualité a été cons-

taté, puisque, avant l'adaptation de l'appareil de circulation, une troisième chaudière à bouilleurs de 200 m^2 a dû être mise en service pour conduire la machine.

TABLEAU N° 2.

Essai comparatif effectué sur quatre chaudières de l'Établissement Pirelli et C^ie^, à Milan (Italie).

Deux chaudières Cornouailles avec émulseur de vapeur comparées à deux chaudières Cornouailles simples. Les chaudières de dimensions égales sont inscrites à l'Association des Propriétaires de chaudières à vapeur sous les n^os^ 272, 273, 271, 396.

	2 CHAUDIÈRES avec ÉMULSEUR	2 CHAUDIÈRES sans ÉMULSEUR
Durée de l'essai	5 heures	5 heures
Surface de chauffe	112 m^2	113 m^2
— grille	4,5 m^2	3,4 m^2
Vapeur totale produite	16 712 *kg*	15 164 *kg*
Pression de fonctionnement	6,5 à 7 *kg*	6 *kg*
Température de l'eau d'alimentation	82°	82°
Charbon chargé sur la grille (1)	1 607 *kg*	1 655 *kg*
Cendres } récoltées	63 *kg*	41 *kg*
Scories } récoltées	77 *kg*	17 *kg*
Charbon net brûlé	1 467 *kg*	1 597 *kg*
Vapeur produite par kilogramme de charbon brut } avec eau d'alimentation	10,4 *kg*	9,16 *kg*
Vapeur produite par kilogramme de charbon net } à 82 degrés	11,39 *kg*	9,85 *kg*
Vapeur produite par kilogramme de charbon net et eau à 15 degrés.	10,25 *kg*	8,85 *kg*
Production moyenne de vapeur par heure et mètre carré de surface de chauffe	30 *kg*	26,84 *kg*
Production maxima par mètre carré-heure (2)	37,7 *kg*	29,4 *kg*
Charbon chargé par mètre carré heure de grille	71 *kg*	98 *kg*
— effectivement brûlé par mètre carré-heure de grille	65 *kg*	94,5 *kg*

Signé : G. MERLINI, *Directeur du Laboratoire technique de l'École Polytechnique de Milan.*

(1) Le combustible existant sur la grille a été pesé au début et à la fin des essais.

(2) Les observations ont été relevées en service normal, les deux chaudières à émulseur alimentant un des moteurs et les deux chaudières sans émulseur alimentant des appareils de chauffage. Les relevés de production et de consommation ont été dressés heure par heure.

Voici maintenant des résultats d'essais comparatifs entre une chaudière à foyer intérieur, munie d'émulseurs et d'un surchauffeur de vapeur; et des chaudières multitubulaires, d'un type

fort répandu, non munies d'émulseurs, mais ayant un surchauffeur de vapeur.

TABLEAU N° 3.

Essais comparatifs effectués à la Société de construction de machines de Brünn, sous le contrôle de l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de Vienne.

	CHAUDIÈRES à foyer intérieur avec émulseurs	CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES SANS ÉMULSEURS	
	A	B_1	B_2
Surface de chauffe, chaudières	33 m^2	150 m^2	150 m^2
— — surchauffeur	13 m^2	32 m^2	32 m^2
— grille	1,62 m^2	2 m^2	grille inclinée à réservoir
Durée des essais	8 heures	8 heures	8 heures
Qualité du combustible	Même wagon houille de Silésie		
Poids total de combustible chargé, brut et humide	944 *kg*	1 481 *kg*	1 400 *kg*
— l'eau d'alimentation	6 188 *kg*	8 803 *kg*	8 175 *kg*
Température de l'eau	18° 2	15° 6	15° 27
Pression moyenne de la vapeur	9,55 *kg*	10,96 *kg*	11,75 *kg*
Degrés de surchauffe	117°	95°	124° 3
Vaporisation par mètre carré de surface de chauffe	23,44 *kg*	7,335 *kg*	6,812 *kg*
— kilogramme de charbon brut et humide	6,555 *kg*	5,944 *kg*	5,839 *kg*
Chaleur contenue dans la vapeur, ramenée en poids de vapeur à 100° fait avec de l'eau à 0°	7,20 *kg*	6,293	6,500 *kg*
Température moyenne des gaz au registre	250°	291°	264°
Travail moyen à la machine en chevaux indiqués	138,5	175,7	174,9
Poids de vapeur consommé par cheval indiqué et par heure	5,59 *kg*	6,26 *kg*	5,84 *kg*
Charbon brut et humide par cheval indiqué heure	0,852 *kg*	1,053 *kg*	1 *kg*

Ces essais, qui vont nous fournir matière à d'intéressantes remarques, ont eu lieu en septembre 1896, sous le contrôle de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur de Vienne à la Société de Construction de machines de Brünn.

La machine employée pour ces essais était une machine compound de 250 *ch* indiqués, à détente Collmann et à condensation. Les cylindres ne sont pas munis d'enveloppe de vapeur, mais, par contre, une partie de la vapeur vive est envoyée dans un serpentin placé dans le réservoir intermédiaire. Un purgeur automatique extrait la vapeur qui se condense dans ce serpentin. Les résultats de consommation notés au tableau suffisent à démontrer l'excellence de la construction de ces machines : ils sont

supérieurs à l'ordinaire et, en outre, ils comprennent toutes les pertes accessoires et, notamment, celles de la conduite de vapeur qui a plus de 25 *m* de long. C'est l'eau d'alimentation brute, à son entrée dans la chaudière, sans aucune des nombreuses déductions et corrections, dont il est généralement tenu compte, dans tous les essais de machines. La perte, par la conduite, s'élevait à 35° C. environ.

La différence de rendement, dans les chaudières comparées, a été considérable. A une allure environ quadruple par mètre carré de surface de chauffe, le rendement de la chaudière à émulseur a été respectivement supérieur de 14 0/0 et de 11 0/0.

Les consommations par cheval indiqué en eau et en charbon, pour les chaudières multitubulaires, ont été supérieures à celles données par la chaudière à émulseur de :

Premier jour : excédent de consommation :
Eau. . . . . 12 0/0 Charbon. . . . 23,5 0/0
Deuxième jour :
Eau. . . . . 4,5 0/0 Charbon. . . . 17,4 0/0

En comparant ces chiffres, il y a encore lieu de tenir compte de deux conditions de fonctionnement, qui ont contribué à diminuer la consommation de la machine, pendant les deux jours d'essais avec les chaudières multitubulaires.

1° La pression de marche, qui a été de :
9,55 *kg*, moyenne avec la chaudière à émulseur;
10,96 *kg*, moyenne avec la multitubulaire, premier jour;
11,75 *kg*, moyenne avec la multitubulaire, deuxième jour;

2° La puissance développée : la machine étant établie normalement, pour une puissance de 250 *ch* indiqués, les pertes auxiliaires sont constantes. Dès lors, pour une même installation, la consommation répartie sur un plus grand nombre de chevaux, diminue effectivement pour chaque unité de travail, au fur et à mesure qu'on se rapproche de la puissance limite pour laquelle la marche est la plus économique.

Les écarts de consommation que nous venons de constater eussent été encore plus importants si, lors des essais avec les multitubulaires, on avait maintenu la charge à 138,5 *ch* et la pression à 9,55 *kg*. Mais on avait donné aux constructeurs des chaudières multitubulaires la faculté de conduire leurs chaudières, comme ils l'entendaient, dans les conditions qu'ils jugeaient les plus avantageuses pour eux.

Abordons maintenant un point qui nous paraît mériter une étude approfondie. Pendant les trois jours d'essais, la machine a fonctionné avec de la vapeur surchauffée.

Essai A.

Pression	9,55 *kg*
Degrés de surchauffe	117
Consommation d'eau par cheval. . .	5,59 *kg*

Essai B^1.

Pression	10,96 *kg*
Degrés de surchauffe	95
Consommation d'eau par cheval. . .	6,26 *kg*

Essai B^2.

Pression	11,75 *kg*
Degrés de surchauffe	124,3
Consommation d'eau par cheval. . .	5,84 *kg*

A quoi faut-il attribuer ces écarts de consommation? Si la vapeur surchauffée avait été complètement débarrassée d'eau, nous aurions dû trouver pour les essais B^1 et B^2 des consommations par cheval indiqué plus basses que celle constatée à l'essai A. Il faut donc en conclure que la vapeur surchauffée elle-même n'est pas exempte d'eau extrêmement divisée, il est vrai, en suspension dans la masse. Hirn, dans ses remarquables travaux sur la surchauffe de la vapeur, avait déjà, pour expliquer certains phénomènes observés, émis l'opinion que *le fluide évoluant n'était jamais homogène dans toute sa masse*, et M. Dwelshauwers-Dhéry, en relatant les belles recherches expérimentales qu'il a faites sur la machine du laboratoire de l'École de Liège, a également conclu à la présence simultanée d'eau de vapeur saturée et de vapeur surchauffée dans une même masse de vapeur.

Dans le cas particulier qui nous occupe, les chiffres des essais B^1 et B^2 viennent encore confirmer cette opinion.

Dans l'essai B^2, le rendement apparent a été de 5,839 *kg* d'eau vaporisée par kilogramme de combustible; dans l'essai B^1, ce rendement était plus élevé : 5,944 *kg*; malgré cette différence de rendement, la consommation en charbon par cheval indiqué de B^2 est inférieure à celle de B^1. Les deux chaudières étaient identiques, sauf la grille. La température finale des gaz en B^2, malgré un plus faible rendement apparent, est plus basse qu'en B^1.

Enfin, la même surface de surchauffeur a transmis plus de chaleur de surchauffe à la vapeur de l'essai B^2 (124°,3) qu'à celle de l'essai B^1 (95°). Ces remarques peuvent s'expliquer d'une façon rationnelle, si l'on admet que la vapeur saturée donnée par la chaudière B^2 était moins chargée d'humidité que celle de B^1. Cette hypothèse n'a rien qui puisse surprendre, si l'on veut bien observer la seule différence qui existe entre ces deux appareils : le système du foyer.

En B^1, nous avons une grille plane ordinaire. Les tubes inférieurs reçoivent le rayonnement de la grille, la majeure production de vapeur est générée dans ces tubes et s'en dégage d'une façon violente et tumultueuse. Au contraire, en B^2, la grille inclinée descend au-dessous du niveau du sol de la chaufferie; le charbon y brûle par étapes successives, la combustion vive se fait dans le bas, à 2 *m* environ des tubes, et l'effet de rayonnement intense de la grille disparaît. Ce genre de foyer produit des gaz à très haute température, il est vrai, mais la transmission de la chaleur par contact étant incomparablement moindre que par le rayonnement, la production de la vapeur est plus également répartie entre les différentes parties de la surface de chauffe, elle est plus régulière, et son dégagement se fait avec moins de tumulte.

On a donc obtenu dans l'essai B^2 de la vapeur saturée contenant moins d'humidité que dans l'essai B^1. Cette différence dans le titre du fluide évoluant a une grande influence sur la consommation des moteurs, même avec la surchauffe. On peut le constater, d'après les résultats de la comparaison des essais B^1 et B^2 entre eux et avec ceux de l'essai A.

Ce qui précède est en désaccord avec l'opinion généralement admise, à savoir que la surchauffe sèche la vapeur humide et, par suite, que l'état de surchauffe indique une vapeur complètement dépourvue d'humidité. On a même établi de nombreux appareils basés sur le principe de la surchauffe, pour titrer la composition du mélange vapeur et eau fourni par toutes nos chaudières. Ces appareils, destinés à remplacer les méthodes calorimétriques et chimiques qu'on a été forcé d'abandonner comme inexactes dans la pratique, n'ont pas donné de résultats plus satisfaisants et, en effet, il ne saurait en être autrement si la vapeur surchauffée peut rester humide.

Cette opinion a été confirmée par de nombreux essais faits d'après le même principe : la comparaison des consommations

d'eau d'alimentation par unité de travail avec le même moteur. Voici encore, à titre d'exemple, les résultats constatés aux essais récemment réalisés sous la direction de M. Hippolyte Fontaine, à la Société d'éclairage électrique de Bordeaux et du Midi, en octobre dernier, et dont je donne dans le tableau n° 4 ci-après les résultats.

TABLEAU N° 4.

Essais réalisés à la Société d'éclairage électrique de Bordeaux et du Midi, sous la direction de M. Hippolyte Fontaine.

	DEUX CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES	
	sans émulseurs A	avec émulseurs B
Surface de chauffe = chaudières	211,6 m^2	117,8 m^2
— — = surchauffeur	37,6 m^2	13 m^2
— — = réchauffeur	23,4 m^2	13,4 m^2
— grille	6,16 m^2	6,16 m^2
Durée des essais	7 heures	7 heures
Charbon brut et sec chargé = total	2 080 *kg*	1 594,5 *kg*
— — par heure	297 *kg*	227,7 *kg*
— — — et mètre carré de grille	48,2 *kg*	37 *kg*
Eau d'alimentation = poids total	14 229,5 *kg*	12 756 *kg*
— par heure	2 032,8 *kg*	1 828 *kg*
— — et mètre carré de chauffe	9,6 *kg*	15,5 *kg*
Température de l'eau	20° 2	18° 4
Pression de la vapeur	8,7 *kg*	8,3 *kg*
Température correspondante	178°	176°
— moyenne observée	179° 5	187° 9
Degrés de surchauffe	1° 5	11° 9
Eau vaporisée par kilogramme de charbon	6,887	8,062
Machine = vide moyen au condenseur	56,05 *cm*	56,71 *cm*
— = chevaux-heures effectifs moyens	190,7	195,9
Eau d'alimentation par cheval-heure effectif	10,66	9,33
Charbon par cheval-heure — effectif	1,558	1,161

Malgré une surface de surchauffe trois fois plus considérable en A qu'en B, la vapeur humide des chaudières sans émulseur n'a pu être surchauffée que de 1° 5, alors que la vapeur sèche des chaudières à émulseurs a été surchauffée de 11° 9; et la surface de contact avec les gaz chauds était trois fois plus petite.

Dans les deux types de chaudières, les surchauffeurs étaient montés après toute la surface de chauffe des chaudières, et immédiatement avant les réchauffeurs d'eau d'alimentation.

La surchauffe de la vapeur était très faible dans les deux cas, mais il y avait surchauffe. Si cet état correspond à la vaporisation totale de l'eau en suspension dans la vapeur saturée, il serait nécessaire d'expliquer pourquoi, avec la même machine, fonctionnant dans des conditions identiques, on a pu constater en A, un excédent qui s'est élevé à 14 0/0 dans la consommation de la vapeur, comparativement à la consommation observée en B.

La diminution de consommation de charbon avec l'émulseur a été considérable, 34 0/0, quoique le travail ait été obtenu avec une surface de chauffe totale moitié moindre : cette économie se décompose, ainsi que nous l'avons vu dans les essais de Brünn, en deux éléments : une utilisation plus complète du combustible; l'exigence d'un poids de vapeur moindre pour l'unité de travail.

L'hypothèse admettant que la vapeur surchauffée est débarrassée de toute trace d'eau, n'a été vérifiée par aucune expérience directe. Les résultats que nous avons exposés et d'autres similaires, peuvent donc nous autoriser à dire que, lorsqu'on surchauffe de la vapeur saturée sèche, on obtient de la vapeur surchauffée sèche; et que, lorsqu'on surchauffe de la vapeur saturée humide, on obtient de la vapeur surchauffée contenant de l'eau également surchauffée, mais le titre du mélange sera amélioré.

Et, en effet, lorsque la vapeur humide traverse les appareils de surchauffe formés, pour l'ordinaire, d'éléments tubulaires; les globules d'eau qui sont à la périphérie de la veine fluide en mouvement, peuvent se vaporiser au contact de la surface métallique de chauffe. Celle-ci peut facilement leur transmettre la quantité de chaleur de vaporisation qu'elles doivent absorber. Mais, à l'intérieur de la veine, la conductibilité est nulle, et l'athermanéité de la vapeur ne permet pas à l'eau de s'échauffer, par l'effet du rayonnement des parois. La transmission de la chaleur à l'eau ne peut se faire que par contact avec les molécules de vapeur surchauffée qui l'environnent. En outre, la vapeur de la tension superficielle pour un globule d'eau, dont les dimensions sont comparables au rayon d'activité moléculaire, représente des forces considérables; et la température doit s'élever, pour vaincre cet effort de cohésion, puisque la tension superficielle d'un même liquide ne diminue qu'avec l'élévation de température. Il est donc permis de dire que les globules d'eau sont également surchauffés, d'autant plus que l'état de surchauffe existe pour l'eau comme pour la vapeur.

Nous venons de donner les résultats obtenus par l'emploi de chaudières multitubulaires, nous allons montrer maintenant comment on dispose ce type de générateur, lorsqu'il doit être, dès l'origine, établi pour fonctionner avec émulseur. La figure 5, page 101, représente une chaudière de cette catégorie.

La rangée inférieure des tubes qui reçoit directement le rayonnement de la grille, ne débouche pas, comme dans les chaudières ordinaires, dans les collecteurs qui réunissent en même temps les autres tubes vaporisateurs. Un collecteur transversal réunit les tubes de coup de feu à l'avant, se prolonge par les côtés et par des colonnes verticales latérales, et vient se raccorder au corps principal. C'est dans ces colonnes verticales que sont montés les faisceaux émulseurs.

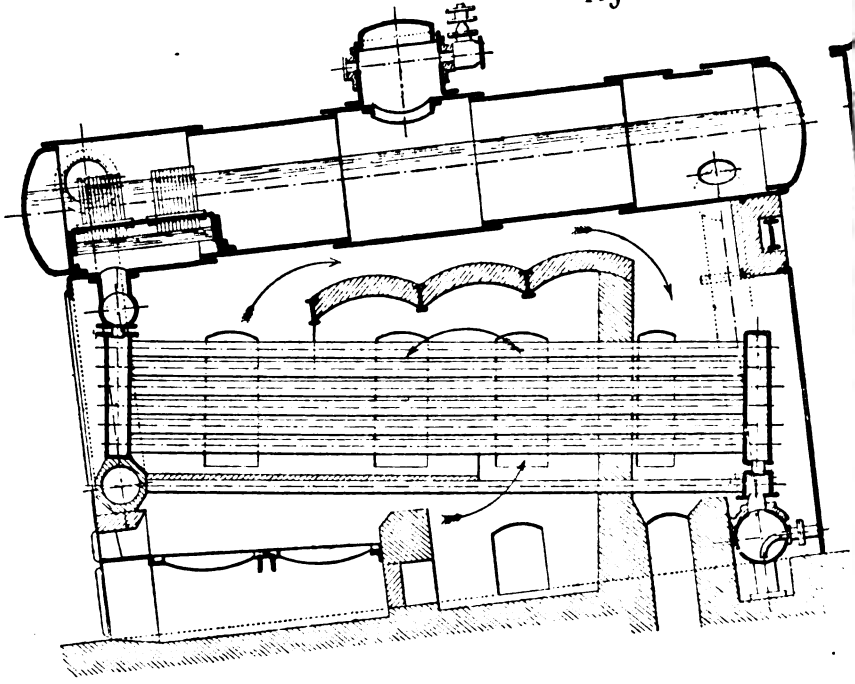
La production la plus importante se dégage directement dans l'espace de vapeur, avec le volume d'eau mis en mouvement par ces émulseurs. Dans le corps principal, au-dessus du débouché des collecteurs de tous les autres tubes vaporisateurs, est placé un caisson qui porte un certain nombre de faisceaux émulseurs, et dont l'importance est toujours moindre que celle des appareils desservant les tubes de coup de feu. Ceux-ci exigent, en effet, un balayage beaucoup plus énergique que le reste de la surface de chauffe.

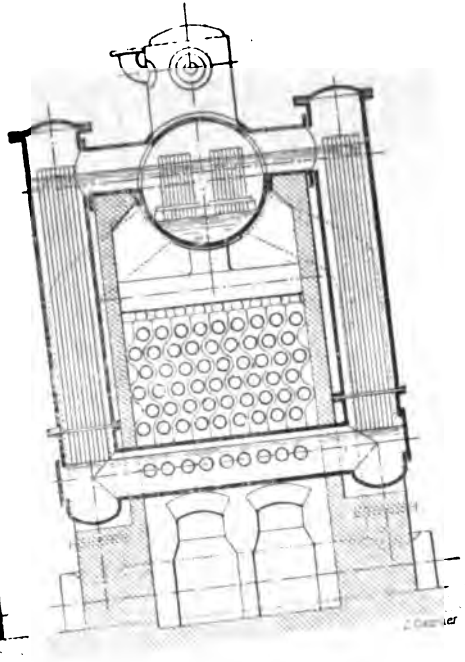
La disposition qui précède permet de donner une très grande vitesse initiale à l'eau qui pénètre dans les tubes de la rangée inférieure : 1,50 *m* à 2 *m* par seconde. Elle doit être maintenue, lorsque la chaudière doit toujours fonctionner à forte allure, par exemple 30 à 35 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe. Mais lorsque l'allure est moins intensive et qu'une vaporisation de 20 *kg* par mètre carré de surface de chauffe ne doit être dépassée qu'accidentellement, l'application de l'émulseur peut être faite sans qu'il soit besoin d'apporter au type de chaudière des modifications aussi radicales.

Ce cas s'est présenté à l'*Internationale Electricitœts Gesellschaft de Vienne*. En 1890, cette Société a créé, à Vienne, sur une petite échelle, une usine centrale pour la distribution de l'énergie électrique. En cinq années, elle s'est développée à un tel point qu'elle est maintenant une des plus grandes usines centrales d'Europe. Voici un rapide aperçu de son importance. La partie électrique a été établie par la maison Ganz et Cie de Budapest.

Sur le système de courant alternatif monophasé, avec une tension de 2 000 volts à l'usine, qui était abaissée à 100 volts chez

Fig. 5.





les clients, la canalisation primaire, qui est à câbles concentriques dessert actuellement une longueur de rues de 200 *km*. Il y a très peu de canalisations secondaires, les transformateurs étant placés généralement dans les sous-sols des locaux éclairés. Les points les plus éloignés du réseau sont à 10 *km* de distance de l'usine, et les compteurs employés sont du système Blathy, réglant automatiquement la tension. La Société a 4 600 abonnés qui représentent ensemble, comme puissance de consommation, 9 200 kilowatts.

La partie mécanique a été installée par la *Société de Construction de machines de Brünn*. La galerie des machines a 150 *m* de long, et contient 14 machines compound à condensation, actionnant chacune un alternateur monté sur l'arbre, d'une puissance de 400 kilowatts à 125 tours et 50 périodes. L'excitation est obtenue par 6 machines auxiliaires du type pilon, 4 moteurs Westinghouse et 2 moteurs Tosi. Les chaudières, au nombre de 25, sont toutes du type multitubulaire : elles représentent ensemble 6 000 m^2 de surface de chauffe.

La production de l'usine est d'environ 6 millions de kilowatts-heure par an, et la consommation annuelle de charbon dépasse 2 000 wagons. Les prix de base pour la vente de l'hectowatt-heure sont de 4 kreutzer (0,08 *f*) pour la lumière, et de 2 kreutzer (0,04 *f*) pour la force motrice, avec des remises plus ou moins fortes, mais toujours considérables, suivant l'importance de la consommation.

Cet aperçu montre l'importance du rôle que joue dans une telle exploitation la consommation de charbon.

Dans toutes les industries en général, le combustible n'est qu'un des agents de transformation d'une matière première dont la valeur s'accroît du fait de cette transformation, et néanmoins, les perfectionnements tendant à réduire la consommation de combustible, font partout l'objet de recherches incessantes. Dans une exploitation destinée à la distribution d'énergie électrique, le charbon est à la fois matière première et agent de transformation. On voit donc l'importance capitale qu'il y a à tirer le plus grand parti possible du combustible.

Le débit de l'usine de la Société Internationale de Vienne croissant toujours, et, l'espace étant forcément limité, on a décidé, en vue de la transformation complète des chaudières, d'essayer s'il était possible d'apporter à cette partie de l'installation mécanique des améliorations importantes.

Le problème a été posé comme suit :

Installer quatre nouvelles chaudières dans un espace libre limité :

1° Sans modifier le type en service dont on était satisfait;

2° En augmentant la puissance de chaque unité, sans recourir au tirage forcé;

3° En réalisant des économies de charbon.

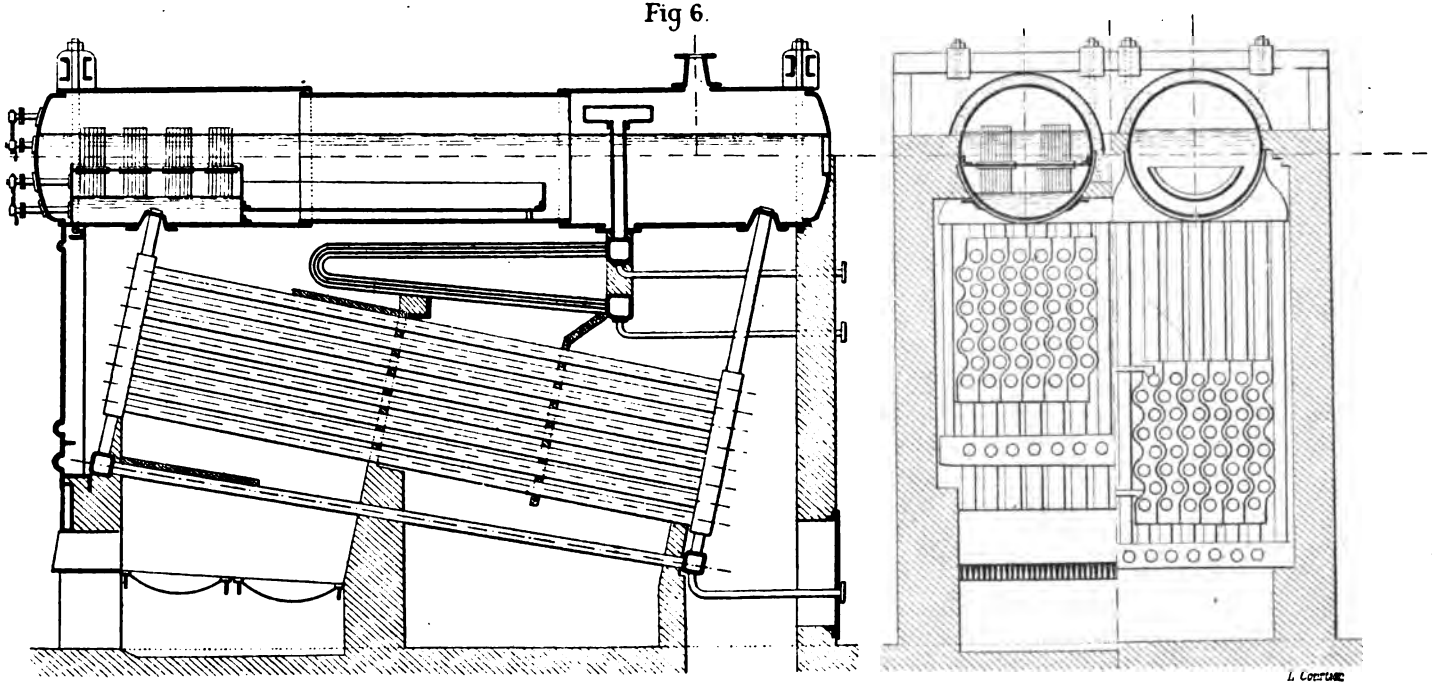
Voici quelle a été la solution apportée à ce problème par M. Bellens. La figure 6 donne l'ensemble de l'une des quatre nouvelles chaudières, dont le type est fort connu et généralement apprécié.

Le faisceau tubulaire est surmonté de deux corps cylindriques, auxquels il se raccorde, à l'avant, pour le dégagement de la vapeur; à l'arrière, pour le retour de l'eau. La rangée des tubes du bas est séparée des autres tubes par un espace intermédiaire destiné à constituer une chambre de combustion. Cette disposition existait déjà sur le type de chaudière, les deux collecteurs réunissant les tubes du bas à l'avant et à l'arrière étant réunis à chaque collecteur vertical des tubes supérieurs, par de petits tronçons de tubes.

Voici les changements apportés à la disposition d'ensemble. On a supprimé quatre éléments verticaux de tubes, les deux extrêmes en largeur, et les deux du milieu; les collecteurs transversaux de la rangée des tubes du bas ont été réunis directement au corps supérieur par huit tubes de communication directe, quatre à l'arrière et quatre à l'avant. Les espaces vides produits dans le faisceau tubulaire par la suppression des quatre éléments verticaux, ont été aménagés avec des chicanes en carreaux réfractaires, pour empêcher que les gaz ne parcourussent de préférence ces espaces, et les forcer à lécher les surfaces de chauffe.

Au-dessus des débouchés de la vapeur dans les corps supérieurs, est monté un caisson portant les faisceaux de tubes émulseurs dont le but est d'assurer la circulation régulière et ininterrompue de l'eau, dans les éléments tubulaires du générateur. Le volume d'eau mis en mouvement dans chaque chaudière est de 105 *l* par seconde. On voit ainsi qu'en démontant les caissons et les émulseurs, on se trouve en présence d'un générateur ordinaire de ce type. Enfin, on a adjoint à la chaudière un surchauffeur de vapeur, placé entre la fin du premier parcours des gaz et le commencement du deuxième.

Fig 6.



Nous allons examiner maintenant dans le tableau n° 5 les chiffres les plus importants. Je les extrais du tableau complet des essais comparatifs qui ont été réalisés sur ces appareils et sur une des chaudières similaires déjà existantes à l'usine.

L'essai A a été fait à l'allure de grille ordinaire des chaudières, pendant la marche du soir ; il avait pour but de rechercher quelles étaient, à cette allure, la puissance du générateur, la consommation d'eau d'alimentation et de charbon par kilowatt-heure produit.

L'essai B était un essai de vaporisation à l'allure de grille ordinaire des chaudières pendant les services de jour et de nuit, en dehors des heures de la forte charge.

L'essai C a été fait dans les mêmes conditions d'allures de grille que l'essai A, et avait également pour but de rechercher quelles étaient, à cette allure, la puissance des anciens générateurs, la consommation d'eau et de charbon par kilowatt-heure produit.

Le relevé du travail électrique a été fait par un compteur Blathy : le même compteur, le même alternateur et la même machine ont servi aux essais. La tuyauterie de vapeur a été isolée des conduites générales : son développement était plus important dans l'essai A que dans l'essai C, et une tuyauterie spéciale d'alimentation était montée sur la chaudière en expérience. L'eau était puisée par la pompe affectée aux essais dans un réservoir isolé et jaugé. A titre de contrôle, un compteur Schmid avait été intercalé sur le refoulement de la pompe. Les indications du compteur concordent à moins de 1 0/0 près, avec celles du réservoir : ce sont néanmoins ces dernières qui ont été prises pour les calculs.

Le charbon était pesé sur une bascule, par brouettes de 100 *kg* en poids net.

On ne servait au chauffeur une nouvelle brouettée, que lorsque la précédente était épuisée. La consommation de houille de l'usine, ayant l'importance que nous avons indiquée, et l'Administration n'ayant pas donné l'autorisation de toucher à la réserve du combustible, il a fallu employer, pour chaque journée d'essai, du charbon pris sur les livraisons de la veille. Quoique le combustible eut la même provenance, il a varié comme pouvoir calorifique : des échantillons moyens ont été prélevés par les soins de l'Association, et analysés par M. le professeur Schwackhofer de Vienne.

Enfin toutes les plus minutieuses précautions pour assurer la

Tableau N° 5.

Essais réalisés à la Internationale Electricitats Gesellschaft, à Vienne, par l'Association viennoise des Propriétaires d'appareils à vapeur, sur deux chaudières multitubulaires du même type avec et sans émulseur.

	AVEC ÉMULSEUR		SANS ÉMULSEUR
	A	B	C
Date des essais (1897)	24 novembre	25 novembre	27 novembre
Durée des essais	8 heures	7 h. 25	7 h. 25
Surface de chauffe des chaudières	213 m^2	213 m^2	300 m^2
— — du surchauffeur	35 m^2	35 m^2	»
— grille	4,85 m^2	4,85 m^2	5,6 m^2
Pression moyenne de la vapeur en atmosphères	9,07	9,05	9,1
Température correspondante	175°	175°	175°
— de la vapeur après le surchauffeur	245° 3	233° 14	»
Degrés de surchauffe	70° 3	58° 14	»
Température de l'eau d'alimentation	57°	50° 82	54° 76
Pouvoir calorifique du combustible d'après l'analyse	5 985 calories	6 624 calories	5 619 calories
Charbon chargé en kilogrammes = total	4 500 *kg*	2 700 *kg*	4 600 *kg*
— — — = par heure	562,5 *kg*	372,2 *kg*	634,4 *kg*
Charbon chargé par heure et mètre carré de grille	115,9 *kg*	83,3 *kg*	113,2 *kg*
Eau d'alimentation totale en litres	30 470	20 016,96	25 981,45
Vapeur par kilogramme de charbon dans les conditions de l'essai	6,67	7,31	5,57
Vapeur par kilogramme de charbon de 0 à 100° et pour un combustible de 5 619 calories	6,24	6,20	5,32
Vapeur produite par mètre carré de surface de chauffe	17,6	12,8	11,8
Travail moyen aux dynamos en kilowatts-heure	300,15	Le travail n'a pas été relevé, la chaudière étant en batterie.	210,80
Travail moyen au moteur en chevaux indiqués heure	535,98		376,4
Vapeur par kilowatt-heure	12,69		16,61
— cheval indiqué	7,10		9,30
Charbon par kilowatt-heure dans les conditions des essais	1,87		3,01
— — en combustible de 5 619 calories	1,99		3,01
— cheval indiqué heure dans les conditions des essais	1,047		1,6852
— — en combustible de 5 619 calories	1,115		1,6852
Kilowatts-heure par mètre carré de surface de grille	61,88		37,64
Chevaux indiqués — —	110,5		67,2
Kilowatts-heure par mètre de large de chaudières y compris les maçonneries	91,78		56,21
Chevaux indiqués — — — —	163,8		100,4

sincérité de cet essai, ont été prises par l'Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de Vienne, qui avait délégué à cet effet trois de ses inspecteurs.

Les relevés à la machine, et celui du travail électrique ont été faits par un chef mécanicien et un chef électricien, sous le contrôle et la direction de l'Ingénieur-directeur de l'usine.

Le même chauffeur a été employé pour la série des essais : aucun conseil ne lui était donné pour le chauffage ; la direction de la Société ayant exprimé le désir formel d'avoir des résultats en service ordinaire, et non pas des résultats d'essais de parade.

Les résultats obtenus ont pleinement confirmé les prévisions de l'auteur du projet. La puissance de la chaudière à émulseurs est supérieure de 42 0/0 à celle de la chaudière ordinaire ; elle procure en même temps une économie de combustible de 34 0/0. Une partie de cette économie est évidemment due à la surchauffe de la vapeur, mais nous avons vu précédemment que la vapeur fournie par des chaudières à émulseurs, donne une surchauffe bien plus efficace que celle produite par des générateurs non munis de l'émulseur. Abstraction faite de cette source d'économie, les chiffres de la vaporisation par kilogramme de charbon montrent directement l'influence de la circulation régularisée sur ce genre de chaudière.

A même allure de grille, la chaudière ordinaire a produit 11,8 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe, avec un rendement de 5,57 ; et la chaudière à émulseurs 17,6 *kg* par mètre carré de surface de chauffe, avec un rendement de 6,67 : ces deux rendements ramenés pour la comparaison en vapeur à 100° faite avec de l'eau à 0°, et pour un même pouvoir calorifique du combustible, sont de 5,32 pour la chaudière ordinaire et 6,24 pour la chaudière à émulseurs. Il y a donc eu augmentation de 49 0/0 pour la production et de 17 0/0 pour le rendement.

Si l'on compare le chiffre du rendement des essais B et A en eau prise à 0°, et vaporisée à 100°, et en combustible de même pouvoir calorifique, nous voyons que l'allure de la chaudière peut varier de 50 0/0, sans que son rendement s'en trouve influencé. Elle est aussi économique pendant le service de la forte charge que pendant les heures de faible débit de l'usine. C'est un résultat fort important, car nous savons que, dans les exploitations électriques, on sacrifie généralement le rendement à la puissance, pendant la durée de la grande production.

En résumé, on voit que l'application de l'appareil de circulation inventé par M. Dubiau, rendra de grands services à l'industrie en général : elle augmente la production de la vapeur dans les chaudières, elle facilite son utilisation dans les machines motrices.

Il contribuera certainement à améliorer la conservation des générateurs de vapeur, il en prolongera la durée et donnera plus de chance d'éviter les accidents. Mais ce dernier point, la sécurité, ne peut s'établir qu'avec le temps : il n'en est pas de même pour les autres qualités que l'on peut constater par les essais. Toutefois, les premières chaudières à émulseurs en service depuis quatre ans, paraissent se maintenir en parfait état de conservation. Leur conduite est plus facile, les nettoyages intérieurs sont beaucoup moins laborieux, puisque, grâce à la circulation énergique, les surfaces de coup de feu se maintiennent relativement propres.

Une de nos grandes usines, la Sucrerie centrale de Cambrai, a décidé, il y a quelques mois, l'installation de dix chaudières semi-tubulaires avec émulseur, qui présentent ensemble une surface de chauffe de 2500 m^2, pour remplacer la moitié d'une de ses batteries actuelles de chaudières. Cette importante installation sera montée pour la prochaine campagne sucrière, et fournira certainement l'occasion à d'intéressantes constatations, sur un des types de chaudières le plus répandu en France.

DISCOURS PRONONCÉ AUX OBSÈQUES

DE

M. L. MARTIN

ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ,

Le 4 Janvier 1898,

PAR

M. Ed. LIPPMANN, Président.

MESDAMES, MESSIEURS,

Devant cette tombe qui va nous séparer à tout jamais de l'Ingénieur éminent que nous accompagnons à sa dernière demeure, je ne puis m'empêcher de faire le triste rapprochement de deux circonstances qui me sont personnelles.

En janvier de l'an dernier, je venais d'avoir l'insigne honneur d'être élu à la Présidence de la Société des Ingénieurs Civils de France ; à l'ouverture de ma première séance, les premières paroles que j'eus à prononcer furent pour annoncer, avec joie, à mes collègues, la nomination de Louis Martin au grade d'officier de la Légion d'honneur. Aujourd'hui, j'arrive à la limite extrême de mon mandat qui expire dans très peu de jours, et le dernier acte que j'ai à accomplir, c'est de remplir la douloureuse mission d'apporter un adieu suprême à l'homme de grand mérite que notre Société s'honore d'avoir compté au nombre de ses Présidents.

Dans l'intervalle, en juillet dernier, j'avais eu encore le plaisir de lui adresser de cordiales félicitations à l'occasion de sa nomination d'Ingénieur en chef honoraire de la ligne de Vincennes.

Par ces quelques récents souvenirs, vous voyez déjà, Messieurs, la grande place que Louis Martin occupait parmi nous.

Je ne le suivrai pas dans la brillante carrière qu'il a fournie : M. le Président de la Société des Anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers vous a dit, mieux que je n'aurais su le faire, les glorieuses étapes qui ont marqué la vie si utile, si intéressante, de

ce véritable fils de ses œuvres. On peut le donner comme modèle et comme encouragement à tous les jeunes gens qui embrassent la profession d'Ingénieur ! C'était une de ces natures privilégiées qui, par la persévérance, arrivent à s'assimiler toutes les connaissances techniques et pratiques nécessaires pour atteindre le summum des situations qu'on désire conquérir.

Il était déjà attaché depuis cinq ans à la Compagnie du Chemin de fer de l'Est, en qualité de chef de section à Châlons quand il se fit recevoir, en 1854, à la Société des Ingénieurs Civils où l'avait précédé la réputation acquise par son habile participation aux grands travaux du service de la voie et de la construction. Il étudia tout spécialement en 1857, époque à laquelle il fut décoré de la Légion d'honneur, le grand parti qu'on pouvait tirer, pour la sécurité, sur les lignes de chemins de fer, de l'application de la télégraphie pour la transmission des signaux.

Sous la présidence de notre grand et vénéré maître Eugène Flachat, en 1858, il présenta à la Société, sur ce sujet, un important mémoire qui lui valut de chaleureuses félicitations.

C'est également en 1857 qu'il fut nommé Ingénieur principal de la première division de la voie à Paris.

Pendant l'investissement de Paris, il se joignit aux Ingénieurs civils pour concourir à la défense de la ville et à l'alimentation de sa population ; il fit preuve, en cette circonstance, d'un immense dévouement et aussi d'un grand talent d'organisateur par la création et le bon fonctionnement de 34 moulins qui permirent de prolonger la durée des distributions de pain.

Lorsqu'en 1874, il conquit le titre d'Ingénieur en chef, il fut appelé à la direction du Chemin de fer de Vincennes ; et, définitivement fixé à Paris, il put alors suivre avec assiduité les travaux de notre Société. En 1879, il fut élu Membre du Comité, puis, tout de suite après, en 1880, il fut appelé à la Vice-Présidence, situation qu'il conserva pendant quatre années consécutives, sous les présidences successives de MM. Göttschalk, Mathieu, Trélat et Marché ; il prit la succession de ce dernier à la Présidence pour l'année 1884.

Sous sa sage et paternelle administration, notre Société fut des plus prospères. Pendant sa présidence, un arrêté ministériel le nomma de la Commission chargée d'étudier les questions se rapportant à la participation de la France à l'Exposition internationale d'Hygiène de Londres.

Il était déjà membre du Conseil supérieur de l'enseignement

technique ; fondateur et président honoraire de la Société des Anciens Élèves des Arts et Métiers.

Sa promotion au grade d'officier de la Légion d'honneur, et peu après, sa nomination d'Ingénieur en chef honoraire de la Compagnie de l'Est, mettaient le comble à ses aspirations et lui permettaient d'achever une vie si honorablement remplie, dans une retraite glorieuse, dignement acquise, dont hélas ! il ne lui a pas été donné de pouvoir profiter longtemps.

Il laisse derrière lui des affections de famille inconsolables, d'unanimes et douloureux regrets parmi nous, comme parmi tous ceux qui, à un titre quelconque, ont été appelés à le connaître ; car, par son caractère ferme, généreux et juste, il avait le don de se faire aimer et respecter de ses subordonnés, comme il avait toujours su se faire estimer et apprécier par ceux qui avaient été ses chefs.

Adieu, Louis Martin ! Adieu à toi, cher et regretté ancien Président de la Société des Ingénieurs Civils de France ! ton nom restera gravé dans tous nos cœurs ; ton âme va goûter, dans l'éternité, le repos dont il ne t'a pas été permis de jouir, sur la terre, après une vie toute de travail, de loyauté et d'honneur.

CHRONIQUE

N° 217

Sommaire. — Réduction dans le coût de la force motrice à vapeur réalisée de 1870 à 1897. — L'Hôtel des Ingénieurs civils américains. — Les moteurs à alcool. — Les locomotives en Russie. — L'agriculture au Congo français.

Réduction dans le coût de la force motrice à vapeur réalisée de 1870 à 1897. — M. F. W. Dean a lu devant l'*American Society of Mechanical Engineers*, au mois de décembre dernier, un important mémoire dans lequel il expose la réduction réalisée depuis trente ans dans le coût de la puissance motrice donnée par les machines à vapeur et les moyens qui ont amené cette réduction. Bien que certains points de la communication de M. Dean puissent soulever des objections, cette communication est, en somme, assez intéressante pour que nous pensions utile d'en donner un résumé un peu détaillé.

En 1870, la machine la plus économique en usage dans l'industrie était la Corliss simple à condensation qui dépensait environ 9 *kg* de vapeur par cheval-heure. La machine élévatoire de Pawtucket, construite par George Corliss en 1878, a été probablement la machine de ce genre la plus économique de l'époque, sa consommation n'étant que de 6,35 *kg* de vapeur sèche par cheval indiqué et par heure.

En fait, le plus grand progrès réalisé dans le sens de l'économie de consommation, a été l'introduction du système compound. En 1873, les machines compound les plus économiques dépensaient environ 7,5 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure. Avec les progrès réalisés depuis cette époque, il est actuellement aussi facile de faire une machine dépensant moins de 6 *kg* de vapeur qu'il l'était en 1875, d'en faire une dépensant 7 *kg*.

A l'époque indiquée (1875), les enveloppes de vapeur étaient déjà d'un emploi courant dans toutes les machines où on cherchait à réaliser une faible dépense de vapeur. Les améliorations qui ont amené une réduction ultérieure de la consommation de 7 à 6,5 sont d'abord l'application d'une détente variable au cylindre à basse pression, et ensuite le réchauffage du réservoir intermédiaire. Ce réchauffage a été employé pour la première fois aux États-Unis par E. D. Leavitt et était considéré par lui comme un des facteurs les plus importants pour la réduction de la consommation des machines à vapeur.

A quoi devons-nous attribuer la réduction subséquente de la dépense de 6,5 à 6 *kg*? On sait que l'espace neutre a une influence considérable et que sa réduction, surtout dans le dernier cylindre d'une machine à expansion multiple, a été l'objet des études persévérantes des constructeurs. L'abaissement de la consommation à 6 *kg* a été réalisé surtout par l'accroissement de la pression initiale de la vapeur et par une aug-

mentation correspondante dans le nombre des expansions successives. Dans certains cas, on a obtenu de bons résultats de la réduction des dimensions du cylindre à haute pression, ce qui a amené une diminution de l'étendue des surfaces en contact avec la vapeur fraiche et une réduction proportionnelle de la condensation initiale au premier cylindre, laquelle est un élément important dans cette cause de perte.

La consommation de 6 *kg* a été atteinte surtout dans des machines ayant des cylindres à basse pression très grands et où la pression moyenne effective descend entre 0,9 et 1 *kg*. On a constaté, il est vrai, de très faibles consommations avec des moteurs, tels que la machine de Louisville où cette pression est notablement supérieure, 1,15 *kg*, mais ce fait est exceptionnel et l'économie peut être attribuée à une très grande perfection dans les détails.

On peut dire d'une manière générale que, toutes choses égales d'ailleurs, la très grande économie est inséparable d'un bon vide au condenseur. On n'apprécie pas toujours suffisamment l'importance de cet élément, et on rencontre fréquemment des machines ayant des pompes à air et des condenseurs trop petits.

Il y a actuellement une certaine réaction contre l'emploi des enveloppes de vapeur ; l'auteur est persuadé que, toutes les fois qu'on a, aux vitesses ordinaires, obtenu avec les enveloppes des résultats nuls ou négatifs, cela tient à ce que ces enveloppes fonctionnaient mal, qu'elles contenaient de l'air ou de l'eau condensée, qu'elles avaient des fuites et que les tuyaux qui y amenaient la vapeur étaient nus, condensant la vapeur qui devait servir à chauffer les enveloppes.

L'effet des réchauffeurs intermédiaires élevant de 30 à 45° C la température de la vapeur passant d'un cylindre à un autre ne peut être qu'avantageux, et le professeur Thurston, dans un travail lu en 1894 devant l'*American Society of Civil Engineers*, dit que le calorique ainsi ajouté a la vapeur pendant son travail, économise beaucoup plus de vapeur que celle qui a été condensée pour fournir cette proportion de calorique. Quoi qu'on puisse dire à ce sujet, il est certain que les machines qui ont donné les plus faibles consommations sont celles qui sont munies d'enveloppes et de réchauffeurs intermédiaires.

Si on laisse de côté, pour le moment, les machines à triple expansion, on peut dire que, de 1870 à 1897, il y a eu une réduction continue et progressive de 9 à 5,7 *kg* dans la dépense de vapeur par cheval indiqué et par heure, ces chiffres représentent une réduction de 37 0/0.

Dans cette période de vingt-sept ans, l'emploi des moteurs à vapeur a été introduit dans une foule d'usines telles que filatures et tissages de laine et de coton, papeteries, etc., où les moteurs hydrauliques étaient jusque-là en usage et où la force motrice est arrivée à ne rien coûter à cause de l'utilisation de la vapeur d'échappement. Mais cette économie n'est pas limitée aux machines sans condensation car, depuis 1895, la maison à laquelle appartient l'auteur a installé à Lawrence, Mass, aux Washington Mills, une puissante machine compound verticale à condensation par surface dont on utilise la chaleur perdue. Dans cette usine, de grandes quantités d'eau chaude sont nécessaires pour la teinture et on les obtenait précédemment au moyen du chauffage par la vapeur d'échappe-

ment des moteurs. Aujourd'hui, l'eau qui a circulé autour des tubes du condenseur à surface de la nouvelle machine est envoyée aux ateliers de teinture à une température voisine de celle qui est nécessaire. Dans ces conditions, on utilise la chaleur conservée par la vapeur au sortir de la machine tout aussi bien qu'avec une machine sans condensation. Toutefois, il y a une différence, c'est que la vapeur sortant contient moins de chaleur avec la machine à condensation et qu'il y a moins de pertes par refroidissement, car un tuyau contenant de l'eau chaude perd moins par rayonnement qu'un tuyau contenant de la vapeur. Il y a encore quelques avantages accessoires; le moteur peut être mis plus loin de la teinture, la décharge de la pompe à air contient l'huile de graissage qui a servi dans les cylindres et on peut la recueillir par un filtrage, etc.

Que s'est-il passé dans la même période relativement aux chaudières, c'est-à-dire à la production de la vapeur? Aux États-Unis, la chaudière tubulaire horizontale à retour de flamme est toujours, aujourd'hui, le type courant et le restera probablement. Ce type est peu coûteux et sûr s'il est bien construit. Comme la totalité de la surface tubulaire peut être atteinte par un jet de vapeur, on peut la nettoyer d'une manière efficace et, comme de plus, l'extérieur des tubes peut être gratté sans que la chaudière soit mise hors de service, ce générateur doit être pratiquement plus économique de service qu'aucun des nombreux types de chaudières avec l'eau dans les tubes qu'on introduit depuis quelques années. La surface extérieure des tubes dans ces derniers est difficilement nettoyable, et on ne peut enlever les dépôts à l'intérieur sans arrêter et laisser refroidir la chaudière et, en tout cas, il est difficile de l'opérer d'une manière à peu près complète.

Pendant cette période de vingt-sept années, aucun progrès sensible n'a été apporté à ce type de chaudières en ce qui concerne le point de vue économique, mais des perfectionnements ont été apportés aux grilles, d'où est résulté une économie qu'on peut évaluer à 2 0/0.

L'expérience de l'auteur le porte à admettre qu'une chaudière à foyer intérieur du type locomotive ou du type vertical économisera, toutes choses égales d'ailleurs, environ 7 0/0 comparativement à une chaudière horizontale tubulaire à retour de flamme, sans compter l'avantage assez important résultant de la suppression de la maçonnerie des foyers.

Dans les vingt-sept années dont il s'agit, les *economisers* ou réchauffeurs d'eau d'alimentation par les gaz chauds sortant des carneaux sont devenus d'un usage assez fréquent. Bien qu'il faille, avec ces appareils, compter un très large amortissement, on peut admettre qu'ils donnent une économie de combustible de 7 à 8 0/0.

L'emploi des machines verticales peut amener une réduction de dépense. Cela tient à la diminution des frottements, à celle des dépenses d'entretien des cylindres et des pistons et à la réduction des frais de graissage. Il n'est pas excessif d'admettre que l'économie peut atteindre 5 0/0 nets avec une machine compound verticale comparée à une machine horizontale dans des conditions analogues d'établissement et de service.

Si on résume ici les divers points qui ont été passés en revue, on trouve les chiffres suivants :

Economie due à l'emploi du fonctionnement compound, des enveloppes de vapeur, du réchauffage intermédiaire, de pressions plus élevées et de plus fortes expansions	37	0/0
Economie due à l'emploi de machines verticales.	5	0/0
— — de chaudières à foyer intérieur . .	7	0/0
— — de réchauffeurs d'eau d'alimentation	7	0/0
— — de grilles perfectionnées	2	0/0

La somme de ces économies atteindrait donc 58 0/0; mais, comme toutes ces causes diverses n'existent que rarement d'une manière simultanée, surtout si on doit les réaliser sur des machines existantes, on ne peut l'obtenir qu'assez exceptionnellement.

Une question qui se présente immédiatement est celle-ci : ces économies sont-elles compensées par quelques inconvénients ?

Il est facile de voir qu'il n'en est rien et cela pour les raisons suivantes :

1° Le coût d'établissement d'une machine compound avec manivelles à 90°, ce qu'on appelle en anglais, *cross-compound*, n'est pas plus élevé que ne l'était, il y a vingt-sept ans, celui d'une machine jumelle à condensation de même force, parce que les moyens et les procédés de fabrication se sont perfectionnés et que le prix des matières s'est abaissé.

2° L'intérêt de l'argent est moins élevé qu'il y a vingt-sept ans.

3° La dépréciation se taxe également à un taux moins élevé, à cause de la fabrication plus soignée, des métaux de qualité supérieure, de l'amélioration des moyens et des matières employées pour le graissage. L'emploi des machines verticales prolonge la durée des cylindres, des pistons, de leurs tiges, des guides, etc., par rapport aux machines horizontales, et amène une réduction correspondante du taux de dépréciation.

4° La diminution du nombre des chaudières, correspondant à une diminution de 33 0/0 dans la dépense de vapeur réalisée dans les vingt-sept années considérées, amène avec elle une réduction dans les dépenses d'établissement, intérêts, réparations, dépréciation, assurance, service, etc.

5° La pratique actuelle de la construction des chaudières est supérieure à l'ancienne. On a de meilleurs matériaux, des tôles de plus grandes dimensions nécessitant moins de jonctions, des rivures perfectionnées avec des trous forés, etc., en un mot, une fabrication permettant aux générateurs de supporter des pressions de 15 *kg* et plus avec autant de sécurité que les anciennes chaudières supportaient des pressions bien moindres.

6° On pourrait ajouter la réduction des dépenses de manutention du combustible, laquelle se fait mécaniquement dans les grandes installations. Les transporteurs qu'on emploie à cet effet sont d'un usage avantageux, on ne peut pas en dire toujours autant des appareils mécaniques de chauffage, mais la combinaison des deux engins est à recommander.

(A suivre).

L'Hôtel des Ingénieurs Civils américains. — Dans la Chronique de février 1897, page 266, en parlant des Sociétés d'Ingénieurs aux Etats-Unis, nous avons indiqué sommairement que l'American Society of Civil Engineers se faisait construire un hôtel à New-York.

Cet hôtel est terminé et a même été inauguré le 24 novembre dernier. Il nous paraît intéressant de donner quelques détails sur cette construction, ne fût-ce qu'à titre de comparaison avec notre nouvelle installation.

Cet édifice est situé dans la 54e Rue Ouest entre Broadway et la 7e Avenue; il a 15,25 *m* de façade sur la rue et 33,55 de profondeur, ce qui donne une superficie de 511 m^2, entièrement bâtie.

Le bâtiment, construit dans le style de la Renaissance, se compose d'un rez-de-chaussée surélevé avec trois étages et sous-sol. La hauteur est de 20 *m* au-dessus du sol, et les murs sont établis de manière qu'on puisse plus tard, et au fur et à mesure des besoins, ajouter un ou plusieurs étages.

On arrive par un perron de plusieurs marches et on pénètre dans un premier vestibule ayant d'un côté les vestiaires, de l'autre une pièce de service; puis dans un grand vestibule ou hall pavé en mosaïque qui donne accès à droite, sur le cabinet du secrétaire qui a $5 \times 5{,}50$, sur celui de son assistant, et sur des cabinets de toilette, etc., et à gauche sur une pièce de réception, sur l'escalier qui a 2 *m* de largeur, et sur une pièce de service. Ce hall se termine au fond par trois marches et aboutit à une salle de conversation qui occupe tout le fond du bâtiment et qui a 15×11 *m*.

Au premier étage, on trouve sur la façade une grande salle de lecture de 15×10 *m*, avec plafond à caissons garni de panneaux en céramique et lambrissée en chêne. Cette salle est garnie de tables, de fauteuils fixes et à bascule et autres sièges. Les livres y sont amenés par des monte-charges des dépôts, situés à un étage supérieur. Au fond, du côté opposé, se trouve la salle des séances ou *auditorium* de 15×11 *m* placée au-dessus de la salle de conversation, et des mêmes dimensions; cette salle peut contenir qutre cents personnes environ, la tribune est au fond en face de l'entrée. Cette salle est munie de toutes les installations nécessaires pour les projections. Il est à remarquer que tous les locaux où les membres peuvent avoir besoin d'accéder, sont situés au rez-de-chaussée et au premier étage.

Le second étage est occupé par les bureaux des services intérieurs de la Société, rédaction, dessin, comptabilité, etc., et le troisième par les dépôts de livres, qui occupent toute la superficie de l'étage, sur 4 *m* de hauteur. Ces deux étages ne sont élevés que sur la partie du bâtiment tenant à la façade, de sorte que la partie postérieure ne comporte que le rez-de-chaussée et le premier, ce qui permet à l'auditorium d'être éclairé par une toiture vitrée.

Les dépôts de livres sont établis avec des casiers métalliques du modèle employé à la bibliothèque de Washington; ces casiers peuvent recevoir 22.000 volumes, et on peut en doubler le nombre pour parer à l'accroissement futur.

Enfin le sous-sol contient le logement du concierge, les archives et

dépôts pour les publications, les installations mécaniques comportant deux moteurs à gaz de 25 *ch*, et deux dynamos pour l'éclairage électrique, les appareils de chauffage, etc.

L'édifice dont nous venons de faire une description rapide, a été construit sur les plans et sous la direction de M. Cyrus W. Eidlitz, de New-York. La dépense totale s'est élevée à 1 million de francs en nombre rond, c'est-à-dire au même prix que notre hôtel, pour une superficie notablement moindre, 511 m^2 au lieu de 710.

Les moteurs à alcool. — Nous avons mentionné dans les comptes rendus du Bulletin de novembre 1897, page 749, des expériences faites par M. Ringelmann sur l'emploi de l'alcool dans les moteurs à explosion. Ces expériences ont conduit, disions-nous, le savant professeur à conclure que l'alcool dénaturé, devrait n'être vendu que 17,70 *f* l'hectolitre pour être équivalent, au point de vue économique, au pétrole lampant valant 30 *f* pour la même unité de mesure,

Voici du reste, le tableau concernant les expériences de M. Ringelmann.

		Alcool	Essence minérale	Pétrole lampant
Consommation à l'heure en *kg*		0,756	0,400	0,438
— — en *l*		0,906	0,565	0,532
Prix du litre	*f*	1,00	0,50	0,30
Dépense par cheval-heure	*f*	0,90	0,28	0,16

Si on prend pour unité la dépense avec le pétrole lampant, on trouve 1,75 pour la dépense avec l'essence minérale, et 5,62 pour la dépense avec l'alcool.

Ces chiffres s'appliquent à la France. En Allemagne, on a trouvé des résultats assez différents qu'il nous parait intéressant de faire connaitre; d'abord l'alcool dénaturé n'y coûte pas 0,80 *f*, mais seulement de 0,36 à 0,50 *f*, ce qui change la question presque du tout au tout. On a fait également dans ce pays des expériences sur l'emploi de l'alcool, dans les moteurs, et notamment l'Association des producteurs d'alcool, après avoir fait disposer par la maison Körting frères, de Hanovre, un de ses moteurs pour fonctionner à l'alcool, a fait soumettre ce moteur à des essais très complets.

En donnant 9,93 *ch* de force, ce moteur a consommé par cheval-heure 0,49 *l* seulement d'alcool à 0,815 de poids spécifique (le chiffre donné par M. Ringelmann est de 0,906). Si on applique à cette quantité le prix le plus bas donné plus haut, soit 0,312 *f* le litre, on trouve une dépense de 0,157 *f* par cheval-heure. Il est vrai qu'avec le pétrole d'éclairage la dépense est encore plus faible, car le même moteur emploie par cheval-heure 0,5 *kg* valant 0,225 *f* le kilogramme, ce qui met la dépense à 0,113 *f* par cheval-heure. Le rapport des deux dépenses est ainsi de 1 à 1,38 au lieu de 1 à 5,6. La différence n'est dès lors plus telle que de nouveaux progrès dans la fabrication de l'alcool ne puissent amener celui-ci à lutter avec le pétrole au point de vue économique dans l'application aux moteurs. Cette question présente un sérieux intérêt sous le rapport du développement de l'industrie de l'alcool en Allemagne et probablement aussi dans d'autres pays.

Les locomotives en Russie. — D'après les statistiques publiées récemment par le Ministère des Voies de communication, il y avait, au 1er janvier 1896, sur les chemins de fer de la Russie d'Europe et du royaume de Pologne, mais non compris le Grand-Duché de Finlande, 8 123 locomotives ayant coûté 210 611 000 roubles; soit en moyenne 26 000 roubles ou, au cours de 2,60 *f*, 67 600 *l* chacune.

Ces locomotives se divisaient, au point de vue du service, de la manière suivante: locomotives pour trains de voyageurs et trains mixtes 1 556 ou 19 0/0 ; et locomotives pour trains de marchandises 6 567 ou 81 0/0, sur ces dernières, il y a 2 542, soit 40 0/0, fortes locomotives à 8 roues couplées. Sur les 1 556 locomotives de la première catégorie, 1 132, soit 72 0/0, étaient munies de freins continus, dont 708 de frein Westinghouse.

Au point de vue du combustible employé, 3 241 locomotives, soit 39 0/0, brûlaient de la houille, 2 590 ou 31 0/0 du pétrole, 2239 ou 27,5 0/0 du bois et enfin 53 ou 2,5 0/0 de la tourbe.

Au point de vue de l'âge, on trouve que 263 locomotives, avaient été construites de 1850 à 1860, 1 828 entre 1860 et 1870, 3 620 entre 1870 et 1880, 1 167 entre 1880 et 1890 et enfin 1 243 depuis 1890.

On voit que la plus grande partie, 45 0/0, a été faite dans la période 1870-1880. La moyenne a 20 ans de service et quelques-unes ont de 40 à 45 ans.

Sous le rapport de la provenance, les locomotives se répartissent comme suit: Sur les 8 123, 4 020, soit presque exactement la moitié, sont de construction russe, dont 1 661 faites aux ateliers de Kolowna et 1 236 à ceux de Newski; 4 103 locomotives ont été faites à l'étranger, savoir: 1 738 ou 42 0/0 en Allemagne, 694 ou 17 0/0 en France, 560 ou 13,5 0/0 en Angleterre, 534 ou 13 0/0 en Autriche, 214 ou 5,5 0/0 en Belgique et le reste représentant 9 0/0 dans des pays non indiqués dont probablement une grande partie aux Etats-Unis.

Aucune des locomotives à voie étroite n'a été faite en Russie, toutes les machines pour cette classe de chemins de fer proviennent de l'étranger.

On remarquera que les renseignements qui précèdent et que nous avons trouvés dans le *Stahl und Eisen* ne contiennent aucune distinction basée sur la largeur de la voie.

Enfin 1 015 locomotives, soit un huitième, appartenaient au système compound dont la presque totalité à deux cylindres.

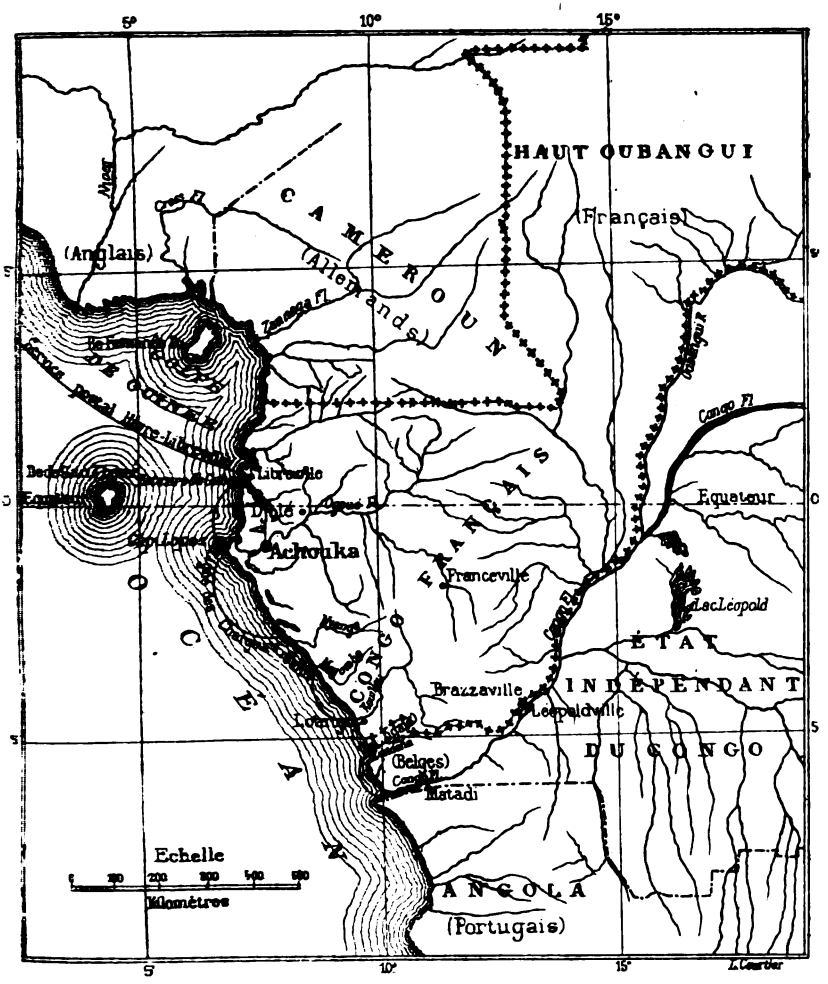
Il a été construit beaucoup de locomotives pour les chemins de fer russes depuis ces statistiques avec une énorme proportion de locomotives compound, de sorte que l'importance relative de ces dernières a considérablement augmenté.

L'agriculture au Congo français. — Dans son remarquable compte rendu du voyage de la Société en Belgique, inséré dans le *Bulletin* de novembre dernier, M. Soreau, en parlant de l'Exposition coloniale de Tervueren, donnait d'intéressants détails sur le développement de la colonie belge du Congo, développement qui contrastait avec la situation déshéritée de la colonie française voisine.

La situation de celle-ci n'est peut-être plus aussi défavorable qu'on le

croit généralement et, comme les efforts tentés pour l'améliorer sont à peu près complètement ignorés du public il n'est pas sans intérêt de donner ici quelques renseignements à ce sujet.

Nos Collègues se rappellent que, dans sa communication du 24 janvier 1896, sur l'Agriculture des colonies françaises à la côte occidentale



d'Afrique, M. Dybowski insistait sur ce fait que le commerce seul basé sur l'exploitation des produits naturels du sol ne peut suffire à assurer la prospérité des régions soumises à notre influence, parce que ces produits finissent par s'épuiser. Seule l'agriculture est capable d'assurer à nos possessions la prospérité à laquelle leur situation privilégiée leur permet de prétendre.

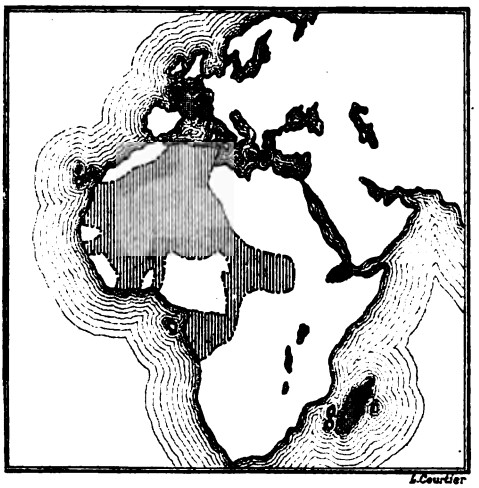
M. Dybowski faisait, dans ces lignes, allusion à ce qui se passe inva-

riablement dès la prise de possession des pays neufs et qu'on peut définir par l'exemple suivant.

Le commerce de la côte occidentale d'Afrique et, en particulier celui du Congo était autrefois exclusivement exploité par les factoreries très anciennement établies sur la côte.

Les produits naturels affluaient au Gabon où ils étaient apportés de l'intérieur par les indigènes qui les échangeaient contre les marchandises dites de pacotille.

Ces factoreries admettaient en principe que les échanges pourraient se continuer indéfiniment ; c'était une erreur. En effet, quand les indigènes eurent ravagé toutes les contrées situées à proximité de la côte, l'ivoire, le caoutchouc, le bois d'ébène et les autres produits devinrent plus rares et les échanges plus difficiles parce que les transports, dans ces pays dépourvus de moyens de communication, deviennent très onéreux.



On crut remédier à cet état de choses en transportant les comptoirs dans l'intérieur du pays à des distances très considérables et jusque dans les régions éloignées de l'Oubangui. Le commerce des produits dont nous venons de parler se continue encore, mais il ne reste avantageux que pour les matières précieuses telles que l'ivoire et il est à présumer que, si l'on persiste dans cette voie, avant peu, ces contrées seront entièrement apauvries puisque les indigènes tarissent les sources de richesses par la destruction brutale et inintelligente des arbres et des éléphants.

Il y a donc lieu de suivre des méthodes rationnelles pour conserver à ces régions leurs richesses naturelles en développant les produits que l'on ne trouve nulle part ailleurs par une culture suivie et raisonnée. Ces méthodes ont d'ailleurs été préconisées par l'Administration des Colonies qui a depuis quelques années créé à Libreville un jardin d'essai. Cet exemple a donné lieu à diverses tentatives et M. Dybowski dont nous citions le nom plus haut, explorateur bien connu et professeur de culture coloniale à l'Institut agronomique, a fondé avec le concours de quelques personnes s'intéressant à l'avenir de nos colonies, presque toutes faisant partie de notre Société, une Compagnie dite « Société agricole du Bas-Ogoué » dont le programme est de développer au Congo français les cultures tropicales telles que celles du cacao, du café, de la vanille, du poivre, du caoutchouc, du tabac, etc.

Cette entreprise, dont les débuts ont été très modestes, se continue

sans bruit et, à l'heure actuelle, grâce à la prudence et à la persévérance de ceux qui sont à sa tête, les plantations ont déjà pris une sérieuse importance ; ainsi le nombre des pieds de cacaoyers atteint le chiffre de 32 000 et celui des pieds de caféiers 12 000 ; une vanillerie a été aussi installée et la culture du tabac est à l'état d'essai.

Lors de l'Exposition de Bruxelles, les fondateurs de cette Société ont eu la satisfaction de constater que les résultats obtenus par eux leur assurent une avance sur les entreprises similaires qu'encourage l'Etat Indépendant du Congo.

Il est à souhaiter, dans l'intérêt national, que cette entreprise conçue dans un but patriotique serve d'exemple pour entraîner les capitaux français dans la mise en valeur de nos colonies naissantes de la côte occidentale d'Afrique.

On peut espérer que le Gouvernement dont la politique coloniale exige des sacrifices dont on connait l'importance, s'appuyant sur ces premières tentatives sérieuses, facilitera par des mesures de protection la création de nouvelles entreprises conçues dans le même ordre d'idées.

Les figures ci-dessus indiquent, l'une la situation du Congo français, où l'établissement des plantations dont nous venons de parler est représenté sous le nom d'Achouka, et l'autre la répartition et l'importance de nos possessions dans le continent africain dont l'étendue dépasse, comme on peut voir, l'étendue de l'Europe entière.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Décembre 1897.

Notice nécrologique sur **Charles de Comberousse**, par M. J. Imbs.

Rapport de M. J. Imbs sur **les tissus tissés cambrés** présentés par M. Christian Landsmann à Saint-Germain-en-Laye.

Ces procédés sont applicables au tissage direct, avec leurs formes cambrées, de pièces détachées, telles que chaussures, guêtres, etc., habituellement obtenues par fragments découpés et plans réunis par des coutures. Le principe de ce procédé est que la chaine est montée en bobines sur un *cantre*, et certaines parties du tissu, déterminées à des positions graduées, peuvent ainsi avancer seules et prendre une direction tournante par rapport au reste de la largeur du tissu qui, pendant ce temps, est stationnaire, ce qui produit le bombé voulu.

Cette méthode, peu connue, présente un assez grand intérêt.

Rapport de M. E. Bourdon sur un **robinet-clapet automatique à double effet** et une **soupape équilibrée** à échappement progressif incalable de M. L. Pile.

Le clapet automatique pour retenue de vapeur, en cas de rupture de conduite, a deux sièges et peut se fermer dans les deux sens ; il sert à la fois de prise de vapeur et de clapet automatique d'arrêt, et agit par l'action de la pression différentielle qui se produit sur les faces opposées de deux pistons indépendants au moment où, pour une cause quelconque, l'équilibre de pression est rompu.

Le dispositif de soupape de sûreté est caractérisé par l'emploi d'un piston actionné par la vapeur et combiné avec une petite soupape à ressort dont la tension est réglable. La soupape de sûreté se lève dès que la pression maximum est atteinte, il se produit une dépression au-dessus du piston, ce qui fait lever celui-ci et amène un nouveau dégagement de vapeur ; la pression baissant, la soupape se baisse aussi et la réduction ou suppression de son débit amène un déplacement du piston, lequel déplacement réduit ou supprime l'échappement de vapeur correspondant.

Ces appareils ont subi la sanction de la pratique et donnent des résultats très satisfaisants.

Les bijoux de jadis et ceux d'aujourd'hui. Conférence faite à la Société d'Encouragement, le 26 mars 1897, par M. L. Falize.

Étude sur **la constitution des mortiers hydrauliques,** par M. R. Feret, chef du laboratoire des Ponts et Chaussées à Boulogne-sur-Mer.

Cette note reproduit, en général, mais avec plus de développements, les éléments d'un mémoire du même auteur inséré dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, il y a quelques années, et dont nous avons rendu compte à l'époque où il a paru.

Nouvelle **méthode de préparation des carbures** par l'action du carbure de calcium sur les oxydes, par M. H. Moissan *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Le carbure de calcium, se conduisant comme un réducteur énergique, peut fournir, grâce à cette propriété, de nouveaux composés par double réaction, mais à la condition d'être mis en contact de corps liquides ou d'être amené lui-même à l'état de fusion par une élévation suffisante de température.

Par exemple, si on chauffe au four électrique des mélanges de carbure de calcium et d'oxyde de manganèse Mn^3O^4, on obtient du carbure de manganèse en globules fondus, disséminés dans du carbure de calcium en fusion.

M. Moissan a pu préparer ainsi des carbures cristallisés et définis d'aluminium, de manganèse, de chrome, de molybdène, de tungstène, de titane et de silicium.

Sur **la contamination des puits,** par M. Duclaux *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

L'auteur s'est proposé de montrer qu'on peut porter un jugement assuré sur la contamination d'une eau avec les seules ressources de la chimie pure, sans avoir recours aux méthodes parfois fallacieuses de la bactériologie.

Il cite une petite ville du Cantal où avait éclaté une légère épidémie de fièvre typhoïde. La ville est alimentée par des puits communiquant avec une nappe souterraine dont les eaux s'écoulent lentement le long des pentes sur lesquelles est bâtie la ville. L'absence de fosses d'aisances étanches, et différentes conditions d'insalubrité, font comprendre combien la contamination de l'eau des puits est facile.

L'auteur s'est proposé de doser le résidu de l'évaporation des eaux, le chlore, la chaux, l'ammoniaque, les nitrates et éventuellement les phosphates.

Ses recherches l'ont amené à conclure : 1° que la preuve de la contamination est faite par l'apparition, dans l'eau des puits, de deux éléments presque absents dans les eaux vierges de la même région géologique, la chaux et le chlore. La chaux provient des aliments de l'homme et des animaux, et sa proportion est 90 fois plus forte que la proportion normale : le chlore provient des urines et des fumiers, et sa proportion est également 50 fois plus forte que dans les eaux vierges; 2° la proportion des nitrates est très considérable.

De ces considérations et de quelques autres accessoires, M. Duclaux

conclut que l'eau des puits étudiés par lui est, ou du moins était, cette année, après les pluies abondantes de l'été, un mélange de 1 *l* d'urine avec 50 *l* d'eau de pluie; on peut la comparer aux eaux d'égout de Paris, lorsqu'après s'être épurées à Gennevilliers, elles sont déversées dans la Seine. Il n'est pas rare de rencontrer en France des situations semblables à celles-ci.

Notes de mécanique. — Nous trouvons dans ces notes la description de l'indicateur intégrateur de Little, un historique des chaudières à tubes d'eau, d'après M. Rowan, où on trouve des renseignements intéressants sur les très nombreux modèles de générateurs de ce système, le changement de vitesse pour vélocipèdes de Soudranié et le régulateur Legat pour réduction de la pression d'un fluide. Ce régulateur est caractérisé par un mécanisme isochroniseur qui a permis de grouper sous un très petit volume un appareil excessivement sensible, satisfaisant aux exigences de l'application du gaz acétylène à l'éclairage.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

3e livraison de 1897 (suite et fin).

Note sur **l'altération des métaux par l'eau de mer,** par M. Lidy, Ingénieur de Ponts et Chaussées.

L'examen d'une grande quantité d'objets métalliques retirés du fond de la rade de Brest au cours de travaux de dragage, a permis à l'auteur de formuler des conclusions intéressantes sur l'action prolongée de l'eau de mer sur les métaux.

Il n'y a que l'or et l'argent qu'on trouve intacts; les autres métaux subissent tous des attaques plus ou moins profondes.

L'importance de ces attaques peut se résumer de la manière suivante:

Le bronze pur, qui ne contient que des traces de plomb, de fer ou de zinc, paraît doué d'une très grande résistance à l'attaque de l'eau de mer; au bout de 300 ans il n'a subi qu'une corrosion superficielle très légère; on peut en déduire une conservation de très longue durée. Au contraire, la fonte et le fer subissent des décompositions beaucoup plus rapides, non seulement à la surface, mais encore dans l'intérieur de la masse. Dans le fer, l'action superficielle est très prépondérante et permet de se rendre compte de la conservation des pièces, tandis que, dans la fonte, c'est l'action intérieure qui domine; cette action est particulièrement dangereuse, en ce qu'elle n'affecte pas la forme des objets, tout en diminuant considérablement leur résistance. La fonte éprouve la décomposition connue sous le nom de *ramollissement de la fonte* qui lui permet de se laisser couper au couteau comme de la mine de plomb. Cette altération est plus ou moins complète suivant la durée de l'immersion et suivant la nature de la fonte. Cette action d'autant plus dangereuse qu'elle ne

se traduit extérieurement que par une faible couche de rouille. Ces faits montrent, suivant l'auteur, la nécessité de sonder les pièces de fonte exposées à l'eau de mer, pour être certain de leur conservation.

Éclairage électrique d'une partie des quais **du port de Rouen**, par M. Chateau, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Il s'agissait de remplacer, pour une portion des quais de la rive gauche, un éclairage intensif au gaz, destiné à faciliter le déchargement des navires pendant la nuit, et d'illuminer en même temps les terre-pleins du bassin au bois.

L'installation comprend 28 lampes à arc de 10 ampères réparties sur le terre-plein et un feu fixe à incandescence placé à l'extrémité du môle du bassin au bois.

L'énergie électrique, distribuée sous une tension de 220 volts, est produite par une petite usine annexée à celle que la Chambre de Commerce a établie pour la compression de l'eau destinée à la mise en mouvement des grues hydrauliques. Cette usine comprend : une chaudière, deux machines à vapeur et deux dynamos.

Le réseau est divisé en sept séries de quatre lampes qui sont quinconcées entre elles, pour que l'extinction d'une série n'entraîne jamais une obscurité complète sur le terre-plein. Cette installation a été réalisée pour une somme totale et forfaitaire de 54.000 *f.*

ANNALES DES MINES

11me Livraison de 1897.

Étude sur **les enclenchements entre leviers** servant à la manœuvre des signaux, aiguilles, etc., de chemins de fer, par feu M. Massieu, Inspecteur général des Mines, revue et publiée par M. L. Etienne, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. Deuxième partie.

Nous renvoyons à ce que nous avons dit des deux parties de cet important mémoire dans les comptes rendus du Bulletin de décembre 1897, page 949.

Note sur **les chocs dans les tuyaux d'alimentation des chaudières**, par M. Moritz, Sous-Ingénieur de la Marine.

On a recommandé, pour éviter les effets de corrosion dans les chaudières, d'opérer l'alimentation non plus dans l'eau même, mais directement dans la vapeur. On a immédiatement constaté des chocs, parfois très violents, dans les tuyaux d'alimentation, chocs accompagnés quelquefois de déformations et de ruptures des tuyaux.

Des recherches ont été faites dans les ports militaires et à l'établissement d'Indret pour trouver la cause initiale de ces effets. Le mémoire donne le détail des expériences entreprises dans ce but.

Ces chocs, qu'ils se produisent dans un tuyau intérieur à la chaudière ou dans un tuyau extérieur, c'est-à-dire en aval ou en amont du clapet régulateur, tiennent toujours à un retour brusque de l'eau d'alimentation, provoqué, soit par un vide créé dans l'organe régulateur en vertu de la vitesse acquise par l'eau et analogue au coup de bélier produit par la fermeture brusque d'un robinet d'écoulement, soit par une condensation de la vapeur contre les parois de la boîte d'alimentation, dès que l'écoulement de l'eau a cessé. Ces effets ne peuvent pas se produire avec l'alimentation en dessous du niveau d'eau. L'auteur propose, pour remédier à ces inconvénients, diverses dispositions qui ne sauraient guère être comprises sans le secours des figures données dans le mémoire.

Nous sommes heureux de rappeler que cette question n'est pas nouvelle pour les membres de notre Société, car elle a été traitée devant elle dans la séance du 1er juin 1894, par notre regretté Collègue Carcenat, qui a indiqué une solution simple et ingénieuse pour éviter ces chocs et les accidents qu'ils peuvent causer. (Voir Bulletin de juin 1894 page 724).

Note au sujet de **l'alimentation des chaudières dans la vapeur**, par M. Raymond, Sous-Ingénieur de la Marine, Ingénieur principal des ateliers des Messageries maritimes.

L'auteur, d'après des expériences faites par lui, établit que les chocs sont dus à l'entraînement, par la vapeur, de la colonne d'eau dans les tuyaux et qu'ils sont plus ou moins violents suivant la vitesse de l'alimentation et qu'il existe une vitesse telle que les chocs disparaissent pendant toute la durée du fonctionnement régulier de la pompe, sauf à reparaître après que la pompe est arrêtée, et qu'il existe aussi une vitesse d'alimentation en dessous de laquelle les chocs ne se produisent plus parceque la vitesse de dépression correspondante dans le tuyau crépiné qui termine la conduite est trop faible pour donner à la vapeur une force suffisante. Ainsi, avec de la vapeur à 11 *kg* et de l'eau d'alimentation à 18°, l'auteur a constaté que la vitesse d'alimentation sans chocs était de 0,35 *l* par seconde. Au delà les chocs apparaissaient. D'autre part, avec de la vapeur toujours à 11 *kg*, mais l'eau d'alimentation à 70°, la vitesse sans chocs a été de 0,40 *l*.

Le mémoire dont nous nous occupons reproduit ensuite un extrait d'expériences très intéressantes sur les explosions de tuyautage, faites à l'arsenal de Wilhelmshaven et dans lesquelles on a constaté avec des manomètres que, la pression de la vapeur étant de 5 *atm*, la pression dans les tuyaux d'alimentation pouvait s'élever à 22,60 et même 150 *kg* suivant la partie de tuyau ou était placé le manomètre. On recherchait ici l'influence de la présence de l'eau dans les conduites de vapeur, mais les causes des ruptures sont probablement les mêmes dans les deux cas.

L'auteur conclut, comme le précédent, que les chocs seront supprimés si on empêche tout retour en arrière de l'eau introduite dans la pipe d'alimentation et il conclut à employer une disposition de tuyau incliné tout à fait analogue à celle qui avait été indiquée par Carcenat dans la note que nous venons de rappeler.

De l'emploi des boulons à charnière pour maintenir les obturateurs amovibles de certains récipients de vapeur, par MM. E. Polonceau et C. Walckenaer, membres de la Commission centrale des machines à vapeur.

MM. Polonceau et Olry avaient déjà appelé l'attention sur cette question dans un mémoire publié dans les *Annales des Mines* en 1891 (voir comptes rendus du *Bulletin* de juillet 1891, page 117) et ils recommandaient certaines précautions propres à éviter la déformation des bords des couvercles et l'échappement des boulons, en indiquant, d'ailleurs, que le mieux serait encore de renoncer à l'emploi dangereux des boulons à charnière, lorsque ce serait possible.

Depuis la publication de cette note, il s'est produit, en France, huit accidents dans lesquels des récipients de vapeur, se déformant ou se brisant, se sont dégagés de leurs attaches articulées qu'ils ont renversées sans les rompre. Ces huit accidents ont tué trois personnes et causé des blessures à dix-neuf. Ils sont passés en revue dans le travail dont nous nous occupons aujourd'hui et étudiés en détail quant à leurs causes et à leurs conséquences.

Comme contre-partie des dispositions vicieuses qui ont amené ces accidents, les auteurs citent un certain nombre de dispositions recommandables et indiquent quelques précautions à prendre dans la construction des couvercles et pour empêcher le glissement des écrous des boulons à charnière. En tout cas, il est une précaution indispensable qui consiste dans la manière dont se fait le serrage des écrous. Ce serrage doit toujours être modéré et, de plus, il doit être méthodique ; il convient de serrer successivement, non les écrous voisins de proche en proche, mais des groupes symétriquement disposés, de manière à mettre le joint en serrage progressif sur toute la circonférence et, en même temps, à maintenir le couvercle toujours d'aplomb.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Novembre 1897

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 6 novembre 1897.

Cette séance a été consacrée à la visite des installations électriques de la Société des tramways de Saint-Étienne et de la Société électrique de la Loire.

Le réseau électrique de Saint-Étienne comporte actuellement un développement de 7 224 *m* divisés en trois lignes. La voie est en rails Broca, de 41 *kg* par mètre courant, elle est à l'écartement de 1 *m* ; les courbes descendent à un rayon minimum de 12 *m* et le maximum des rampes atteint 54 0/00. L'usine génératrice se trouve à 1 100 *m* du point

de croisement des lignes. Elle comporte deux dynamos Gramont à 4 pôles de 200 kilowatts à 340 tours par minute actionnées chacune par une machine à vapeur Piguet à condensation. La vapeur est fournie par trois générateurs à bouilleurs superposés de 76 m^2 de surface de chauffe chacun.

La prise de courant des voitures se fait par un conducteur aérien supporté sur des potences ; le retour se fait par les rails munis aux joints d'une triple connexion et par un fil d'acier relié aux connexions et régnant sur toute la longueur des voies. Il y a 15 voitures automobiles actionnées chacune par deux moteurs de 25 *ch* ; ces voitures peuvent atteindre une vitesse de 18 *km* à l'heure et sont éclairées par cinq lampes électriques en série.

L'usine de la Société électrique pour distribution de force motrice est disposée pour recevoir six groupes complets composés chacun d'une chaudière, une machine motrice et un alternateur triphasé. Deux groupes seulement sont installés actuellement.

Chaque machine, du type compound, à distributeur rotatif, peut fournir 180 à 200 *ch* à 155 tours par minute ; elle reçoit la vapeur à 12 *kg* de pression de chaudières du type à bouilleurs avec corps cylindrique tubulaire de 150 m^2 de surface de chauffe chacune.

Les alternateurs triphasés, d'Œrlikon, sont commandés par courroies et tournent à 375 tours par minute, ils sont à flux ondulé ou à fer tournant. La distribution de l'énergie se fait directement par courants à la tension de 200 volts, tension qui ne présente aucun danger et qu'on a pu adopter parce que le rayon de distribution ne dépassera pas 800 à 1 000 *m*.

Les moteurs sont le plus souvent de 1/2 et 3/4 de *ch* ; les bobines inductrices sont fixes avec cylindre tournant. Le rendement de ces moteurs varie de 55 à 66 0/0 selon la charge.

On a choisi le courant alternatif de préférence au courant continu parce que les moteurs à courants triphasés n'ayant ni collecteurs ni balais sont plus simples et ne demandent presque pas de surveillance ni d'entretien ; de plus, la régularité de la vitesse, indispensable pour les ateliers de tissage, est plus facile à obtenir avec les moteurs triphasés.

Mais, d'après l'auteur de la communication, le courant alternatif présente une infériorité certaine sur le courant continu en ce que le décalage ou retard du courant par rapport à la force électromotrice, qui joue un rôle important dans un réseau de distribution, diminue la puissance des machines et oblige à établir des canalisations plus coûteuses.

Décembre 1897

District du Sud-Est

Réunion du 21 novembre 1897.

Communication de M. Barrault sur **le bassin du Gard.**

Cette communication expose comment les hypothèses mises en avant pour expliquer la formation du bassin houiller du Gard se sont compor-

tées en présence des sondages entrepris pour leur vérification par la Compagnie des mines de la Grand'Combe. Elle a donné lieu à une assez longue discussion.

Communication de M. Bertharion sur **les coups de feu** subis par les tôles **des chaudières à vapeur.**

L'auteur divise les coups de feu que peuvent subir les tôles des chaudières en trois catégories :

1° Ceux qui déterminent seulement les déchirures en long des pinces;

2° Ceux qui déterminent les déchirures en pleine tôle sans déformation apparente du métal;

3° Ceux qui déterminent les déchirures en pleine tôle avec déformation apparente du métal.

Les premiers sont dus, en général, à la surépaisseur due au joint des deux tôles et aux dilatations et contractions qui se produisent dans ces parties.

Les seconds sont dus, pour la plupart, à la présence de dépôts calcaires à l'intérieur des chaudières.

Les troisièmes sont dus à la même cause que les précédents, ces causes étant portées à un degré de gravité beaucoup plus considérable.

Les coups de feu peuvent encore être dus à la présence de matières grasses dans l'intérieur des chaudières.

L'auteur a entrepris une série d'expériences sur la résistance des tôles aux forges de Bessèges. Ces expériences ont été faites à froid, sur des tôles chauffées à une température de 200 à 300°, sur des tôles chauffées au rouge cerise et enfin sur des tôles chauffées au rouge cerise et surprises sur les deux faces par des tampons d'étoupe mouillés.

Pour les premières, la résistance moyenne a été de 34,33 *kg;* à la température de 200 à 300° de 36,73 *kg;* au rouge cerise de 14,3 *kg* et enfin dans la dernière condition indiquée plus haut de 6 *kg;* l'allongement a été 4,66, 6,5 et 15 *mm*; dans le dernier cas, il n'a pas été mesuré.

Ces résultats semblent confirmer les indications de M. Le Chatelier, savoir que les fers présentent le minimum de résistance vers 60° et le maximum vers 250°. Ils démontrent en outre ce fait très intéressant qu'une tôle rougie et surprise par l'eau se contracte avec une violence assez grande pour amener brusquement la rupture de la partie du métal non refroidie. La différence entre 14,3 *kg* et 6 *kg* indique l'énergie de l'effet du refroidissement brusque. Le calcul indique du reste un effort considérable, correspondant à la contraction entre les températures extrêmes du métal.

La note se termine par quelques considérations sur les moyens d'éviter les coups de feu.

Ces moyens portent d'abord sur la construction des générateurs, réduction du nombre des joints par l'emploi de tôles de grandes dimensions, protection des joints contre l'action de la flamme, emploi des tôles d'acier. Ils portent aussi sur les soins à donner à la conduite, alimentation, nettoyage des chaudières, emploi, déjà proposé depuis longtemps, d'auges pour retenir les dépôts, meilleure disposition des robinets de vidange, etc.

RÉUNIONS DE SAINT-ÉTIENNE.

Séance du 11 décembre 1897.

Il est donné lecture d'une lettre de M. DE MONTGOLFIER, Directeur général de la Compagnie des Hauts fourneaux, Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer, tendant à réfuter divers points de la communication faite précédemment par M. Brustlein sur les progrès réalisés par l'usine de MM. J. Holtzer et Cie, à Unieux, dans la construction du matériel de guerre.

Communication de M. RATEAU sur **le tube de Pitot** et sur les moulinets de Woltmann et les anémomètres.

On se sert fréquemment des deux premiers appareils pour mesurer la vitesse des cours d'eau et des courants d'air et il serait très utile de savoir si ces instruments donnent réellement des mesures exactes ou, en tout cas, quel est le degré d'approximation sur lequel on peut compter.

Les expériences de l'auteur lui permettent de conclure que le tube de Pitot et les moulinets mesurent correctement la vitesse du courant, si ce courant est parfaitement homogène et régulier, mais que, dans le cas contraire, ce qui est de beaucoup le cas le plus fréquent, ils donnent, en ce qui concerne la vitesse moyenne, des indications toujours exagérées et d'autant plus que le courant est plus irrégulier.

On ne pourra, d'après M. Rateau, jamais arriver à mesurer exactement les vitesses des courants d'air irréguliers à l'aide du tube de Pitot et encore moins avec les anémomètres. Tout au plus pourrait-on, avec des expériences spéciales, arriver à trouver des coefficients de correction permettant d'espérer une certaine approximation.

Communication de M. DEL BOCA sur **la géologie et les gisements d'or à Madagascar.**

La séance se termine par un compte rendu fait par M. MURGUE des fêtes de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège.

DISTRICT DE PARIS.

Séance du 8 novembre 1897.

Observations de M. CHAMPIGNY sur **les déformations permanentes dans les métaux.**

Communication de M. LENCAUCHEZ sur les **moteurs à gaz marchant au gaz de hauts fourneaux.**

Notre Collègue donne quelque renseignements sur les moteurs à gaz alimentés par les gaz de hauts fourneaux. On a établi un moteur de ce genre de 900 *ch* avec quatre cylindres à Hœrde en Westphalie. Il marche bien comme moteur, mais l'encrassement causé par la présence des poussières donne lieu à de trop fréquents arrêts pour le nettoyage.

Un moteur de 8 *ch* à Seraing marche depuis plus de deux ans avec

d'assez bons résultats pour qu'on installe, en ce moment, un moteur pareil de 150 *ch.* Avec ces gaz, le cheval effectif sur l'arbre est obtenu avec une dépense de 4 641 calories, ce qui correspondrait à une dépense de coke de 0,640 *kg* par cheval.

M. Lencauchez en conclut que l'effet utile en force motrice, travail ou énergie, du gaz des hauts fourneaux sera quatre fois plus grand avec les moteurs à gaz qu'avec les machines à vapeur les plus perfectionnées.

Notre Collègue termine par quelques considérations sur l'infériorité des grands moteurs à gaz à explosion par rapport aux moteurs à combustion interne sans explosion, du genre des moteurs Tellier, Gardie, Diesel, etc.

Communication de M. Lencauchez sur **le mouvement des fluides dans les appareils à force centrifuge.**

L'auteur a traité cette question devant notre Société dans la séance du 2 juillet 1897 et son mémoire se trouve dans le Bulletin de juillet, pages 24 et suivantes.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 1. — *1er janvier 1898.*

Grue à manœuvre électrique, par Ch. Eberle.

Les chaudières et moteurs à vapeur à l'Exposition industrielle saxo-thuringienne à Leipzig en 1897, par Fr. Freytag *(suite)*.

Tracé des dents d'engrenages, par H. Fischer.

Installations mécaniques du fond au puits Samuelsglück, à Benthen, par E. Frerichs.

Groupe de Dresde. — Fête en l'honneur du professeur Zeuner.

Bibliographie. — Moteurs pour l'industrie, par Alfred Musil. — Profils nouveaux allemands pour les fers laminés.

N° 2. — *8 janvier 1898.*

Les chaudières et les moteurs à vapeur à l'Exposition industrielle saxo-thuringienne à Leipzig, en 1897, par Fr. Freytag *(suite)*.

Recherche des coefficients d'élasticité à la traction et à la compression sur les mêmes matières, par C. Bach.

Machines-outils pour la fabrication des vélocipèdes, par P. Möller *(suite)*.

Groupe du Rhin inférieur. — Séparation du fer de l'eau qui en contient.

Bibliographie. — Les pompes, par K. Hartmann et J. O. Knoke.

N° 3. — *15 janvier 1898.*

Grue à manœuvre électrique, par Ch. Eberle *(suite)*.

Les machines agricoles aux 10e et 11e expositions de la Société alle-

mande d'agriculture, du 11 au 15 juin 1896 à Stuttgart et du 17 au 21 juin 1897 à Hambourg, par Gründke.

Calcul des colonnes qui supportent des toitures métalliques, par L. Gensen.

Dock flottant pour le port de Loanda.

N° 4. — *22 janvier 1898.*

Machines-outils pour la fabrication des vélocipèdes, par P. Möller *(suite)*.

Calcul des colonnes qui supportent les toitures métalliques, par L. Gensen *(fin)*.

Mode de publication dans les questions de brevets, par Alexander Katz.

La sécurité et l'économie dans l'exploitation des chemins de fer.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Chaudières avec eau dans les tubes.

Groupe de Berlin. — Principes physiques et dispositions techniques des installations de dessiccation.

Bibliographie. — Les machines dynamo-électriques, par Sylvanus P. Thompson.

N° 5. — *29 janvier 1898.*

Grue à manœuvre électrique, par Ch. Eberle *(suite)*.

Les machines agricoles aux 10e et 11e expositions de la Société allemande d'agriculture du 11 au 15 juin 1896 à Stuttgart et du 17 au 21 juin 1897, à Hambourg, par Gründke *(suite)*.

L'assurance obligatoire des Ingénieurs et techniciens d'après la loi sur l'assurance pour l'invalidité et la vieillesse, par K. Stalz.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Surchauffeur de vapeur. — Les ondes électriques et leur application à la télégraphie sans fils.

Bibliographie. — Sciences appliquées à l'art de l'ingénieur. Les ponts mobiles, par Dietz. — Les ponts en arc, par V. Leibbrand.

BIBLIOGRAPHIE

Cours de mécanique appliquée aux machines, par M. J. Boulvin, Ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées, ancien élève de l'École d'application du Génie maritime de France, Ingénieur des constructions maritimes de l'État belge. — Fascicules 6 et 7. — E. Bernard et Cie, imprimeurs-éditeurs, 53 *ter*, quai des Grands-Augustins, Paris.

Dans le bulletin de novembre 1895, page 533, nous avons donné une analyse des cinq fascicules déjà parus du traité de mécanique appliquée aux machines de M. J. Boulvin que MM. E. Bernard et Cie avaient bien voulu offrir à notre bibliothèque. Nous indiquions que ce très important ouvrage devait se continuer par la publication de trois fascicules, consacrés, le premier, aux machines de transport, locomotives et machines marines, aux machines pour le déplacement des fluides, pompes, ventilateurs, etc., et aux machines pour le transport du travail à distance.

Ce sont les deux premiers de ces fascicules que MM. Bernard et Cie ont bien voulu envoyer à notre Société et que nous désirons présenter à nos Collègues comme nous l'avons fait pour les précédents.

Le 6e fascicule, locomotives et machines marines, débute par un historique succinct de la locomotive et de ses transformations successives depuis Trevithick, son véritable inventeur, jusqu'à l'époque actuelle, historique dans lequel sont indiquées les étapes les plus importantes dans les différentes parties qui constituent l'ensemble de la locomotive.

Pour établir la liaison indispensable entre ces diverses parties, l'auteur décrit rapidement une locomotive moderne en prenant deux types : l'un à cylindres extérieurs, l'autre à cylindres intérieurs. Ce que nous venons de mentionner constitue le premier chapitre.

Le second est consacré à l'étude mécanique de la locomotive et examine successivement : la répartition statique de la charge sur les essieux, l'action du mécanisme moteur pour la propulsion sur les rails par l'intervention de l'adhérence, les conditions qui règlent celle-ci, la résistance des machines et des trains, les mouvements perturbateurs dus aux forces d'inertie et l'équilibrage de ces forces avec les diverses solutions proposées, dont une seule a prévalu en pratique, l'emploi de contre-poids modérés appliqués aux roues.

Nous n'avons pas besoin de signaler l'importance de ce chapitre qui contient toute l'étude mécanique de la locomotive.

Il est complété par le troisième chapitre qui traite de l'appareil de vaporisation. L'auteur établit d'abord la théorie du tirage, donne les formules par lesquelles on peut obtenir le débit dans la cheminée et la dépression dans la boîte à fumée et en fait l'application à quelques chaudières. Vient ensuite l'étude de la vaporisation et l'examen des dispositions essentielles de la chaudière, du foyer et des appareils accessoires tels qu'appareils de sûreté, d'alimentation, etc.

Le chapitre IV est consacré à la locomotive considérée comme véhicule, châssis, boîtes à graissé, suspension, dispositions pour le passage en courbe dont l'importance s'est considérablement accrue dans ces dernières années.

Le chapitre V décrit le mécanisme moteur, cylindres, appareils de distribution, détails du mécanisme, et se termine par l'examen du système compound et les différentes formes sous lesquelles on l'a réalisé depuis ses débuts en 1876, au chemin de fer de Bayonne à Biarritz, jusqu'aux puissantes machines à quatre cylindres à voyageurs ou à marchandises de l'époque actuelle. L'opinion de M. Boulvin est très nettement favorable aux locomotives compound et il n'admet point, comme on le voit encore souvent faire aujourd'hui, que la multiplication des cylindres et du mécanisme soit une cause d'augmentation des dépenses d'entretien; cette multiplication permet au contraire d'augmenter l'étendue des surfaces frottantes par rapport aux efforts, condition très favorable à la bonne conservation des pièces.

Nous regrettons seulement que, dans les indications que M. Boulvin donne sur le nombre des locomotives compound, il se soit borné à reproduire un renseignement déjà ancien, puisqu'il remonte à l'Exposition de Chicago 1873, et qui, de plus, n'a jamais été exact.

Le chapitre VI traite du tender et des approvisionnements et le chapitre VII des divers types de locomotives pour services de voyageurs, services de marchandises, machines de gare, locomotives pour lignes secondaires, machines de tramways, etc.

Les descriptions des types les plus remarquables pris dans ces classes sont illustrées par des figures dans le texte et par une série de remarquables photo-gravures hors texte représentant notamment des machines à roues libres du Great-Northern et du Great-Western, des machines à quatre roues couplées du North-Eastern et du Caledonian, une locomotive à trois cylindres type Webb du London and North-Western et des machines Mogul, Consolidation et Decapod des ateliers Baldwin.

Le chapitre VIII étudie rapidement les locomotives à crémaillère qui commencent à jouer un rôle assez important dans l'exploitation des chemins de fer et les systèmes funiculaires.

Enfin, dans le chapitre IX, qui termine la partie relative aux locomotives ou plutôt aux transports sur rail, on trouve quelques renseignements sur les chemins de fer aériens qui ont pris, comme on sait, une assez grande extension dans les usines et dans certaines exploitations industrielles.

La deuxième partie du 6e fascicule est, comme nous l'avons indiqué au début de ce compte rendu, consacrée aux machines marines. Cette partie est beaucoup plus condensée que la précédente et cela se comprend. L'auteur a largement exposé dans le fascicule précédemment publié relatif à la machine à vapeur, les généralités qui concernent les moteurs et, s'il y a, dans ce qui concerne les locomotives, beaucoup à dire en dehors de ce qui a été exposé dans ces parties précédentes, à cause de la nature essentiellement complexe de la locomotive, il y a beaucoup moins à dire de spécial pour les machines marines.

Après quelques considérations sur la résistance au déplacement dans l'eau et aux relations de cette résistance avec la vitesse et sur les divers modes de transport par eau, l'auteur, dans le chapitre premier, étudie l'action des propulseurs : poussée, recul, rendement, et les formules de résistance des coques, d'où il arrive aux relations entre la puissance et la vitesse qui forment la base du problème de l'établissement d'un navire à vapeur.

Le chapitre II traite de l'appareil moteur et passe en revue l'historique de la question, les divers types de machines, ordinaires, compound, triple et quadruple expansion; les chaudières à tubes à fumée, les chaudières à tubes d'eau, le tirage naturel et les divers systèmes de tirage forcé, enfin les types divers de machines à hélice et de machines à roues, et se termine par l'étude des propulseurs, roues à aubes et hélices.

Au sujet de cette seconde partie, nous demanderons la permission de vider rapidement un petit incident personnel.

Nous trouvons au bas de la page 270 une note ainsi conçue : « Nous avons montré en 1883 (*Annales des Travaux publics de Belgique*, t. XII) que les machines compound auraient fait perdre environ 3/4 de nœud sur les traversées d'Ostende à Douvres, en comparaison des machines à moyenne pression avec condensation à mélange employées à cette époque; entre Douvres et Calais, la perte de vitesse eût été d'un nœud. Il nous a été objecté dans un compte rendu de la Société des Ingénieurs Civils que le système compound était déjà employé avec succès sur les lacs de Suisse; l'auteur de l'objection n'avait pas tenu compte apparemment que l'eau douce de ces lacs permet l'emploi du condenseur ordinaire; or, c'est surtout le condenseur à surface qui alourdit les machines de mer. Il est à peine besoin de dire que, depuis cette époque, l'emploi de l'acier coulé, l'usage du tirage forcé et d'autres perfectionnements ont fait disparaître la différence de poids qui existait il y a quinze ans et que la machine compound est employée avec succès sur les courts trajets, mais c'est une machine très allégée. »

Ce qui précède indique que M. Boulvin lit les Bulletins de notre Société et même nos chroniques, car il fait allusion à une critique faite par nous dans les chroniques d'août 1894, page 343 et de juillet 1896, page 152. Nous prétendions, en effet, que la situation que le savant ingénieur belge admet comme réalisée aujourd'hui a toujours existé, c'est-à-dire que, *dans des conditions semblables de fonctionnement* et on ne saurait admettre de comparaison équitable autrement, une machine compound non seulement ne pèse pas plus qu'une machine ordinaire, mais doit être un peu plus légère, parce que la faible augmentation de poids amenée, dans la première, sur l'appareil moteur proprement dit, par suite du plus grand volume des cylindres, est plus que compensée par la réduction de poids des chaudières, réduction proportionnelle ou à peu près à la diminution de la dépense de vapeur. Nous ajoutions que sur les lacs suisses notamment, où les distances de transport sont en général très faibles, on ne construisait plus, depuis longtemps, que des machines compound, ce qui indique que ces machines ne sont ni plus lourdes ni plus encombrantes que les machines ordinaires. Elles n'ont point de condenseurs à surface, comme le fait remarquer M. Boulvin,

mais les machines ordinaires, auxquelles on les compare, n'en ont pas davantage.

De même si on prend une machine marine compound ayant un condenseur à surface, on ne la comparera, pour le poids, qu'à une machine ordinaire munie du même appareil. Nous ne voyons donc pas que l'observation de M. Boulvin soit concluante.

Nous ne sommes pas plus convaincus par celle qui termine la citation que nous avons faite plus haut. En quoi, en effet, l'emploi de l'acier coulé, l'usage du tirage forcé et d'autres perfectionnements, entre autres l'allégement des machines, auraient-ils amené, au point de vue du poids, pour les machines compound, des avantages qu'ils n'auraient pas pu produire pour les machines ordinaires.

La cause du moindre poids des premières réside, à notre avis, et a toujours résidé dans la meilleure utilisation de la vapeur, ce que notre éminent Collègue M. A. Normand a magistralement formulé d'une manière aussi nette que concise par ces mots : « La puissance est d'autant plus légère qu'elle est plus économique » (1).

Nous sommes heureux de voir en tout cas que notre critique, sur le point qui vient d'être exposé, ne nous a pas fait tort dans l'esprit de notre honorable et savant contradicteur, car, au cours de son ouvrage, il a bien voulu, à plusieurs reprises, apprécier la part que nous avons eue dans le développement du système compound et notamment dans son application à la locomotive, dans des termes beaucoup trop flatteurs. Cette appréciation, venue d'une plume aussi autorisée, nous a été très sensible et nous en exprimons ici à l'auteur toute notre reconnaissance.

La partie que nous venons de passer en revue est extrêmement remarquable. Pour la locomotive notamment, M. Boulvin a trouvé moyen de donner, sous un très faible volume, moins de 250 pages, un traité très complet contenant toutes les notions théoriques et pratiques nécessaires, et permettant non seulement de connaître ces machines d'une manière générale, mais encore d'établir l'étude et le projet détaillé d'une machine de ce genre destinée à un service quelconque. La constatation seule de ce fait suffit à faire apprécier l'esprit et la manière dans lesquels l'ouvrage est conçu et rédigé.

Le développement que nous avons été conduit à donner au compte rendu du 6e fascicule nous oblige, à notre grand regret, à passer un peu rapidement sur l'examen du 7e qui est consacré aux machines servant à déplacer les fluides.

La première partie de ce fascicule traite des machines à élever l'eau.

Le chapitre premier décrit les machines opérant par transport direct, telles que les écopes, roues à tympans, roues hollandaises, etc. Le chapitre II donne d'abord la division des pompes en pompes à mouvement alternatif, pompes rotatives à capacité variable, pompes à réaction et pompes à piston fluide, puis il décrit chacune de ces catégories qui renferment de nombreux types. Dans les pompes à mouvement alternatif se trouvent étudiés en détail les cas de la commande directe avec l'effort

(1) Le problème de la vitesse, p. 6.

moteur constant ou l'effort moteur variable, la commande par un moteur à vapeur à rotation et celle par roues hydrauliques et turbines.

Dans la première catégorie, sont décrites les machines de Cornouailles, les machines Woolf à action directe dont les types Davey sont les spécimens les plus connus, les machines Worthington et les machines à bras de levier variable dues également à M. Davey. Les machines à rotation et les pompes actionnées par moteurs hydrauliques sont décrites également en détail. On trouve des renseignements très complets sur les questions des pistons, des clapets, réservoirs d'air, réservoirs et château d'eau, conduites, des rendements mécanique et volumétrique, frottements, pertes de charge, essais des appareils, etc. Les pompes rotatives à capacité variable, comme les machines à vapeur rotatives avec lesquelles elles offrent beaucoup de rapport, ont été l'objet de recherches innombrables; l'ouvrage en décrit plusieurs types en indiquant qu'il en existe bien peu dont la construction soit à l'abri de sérieuses critiques.

Les pompes à réaction comprennent : les pompes axiales et les pompes centrifuges; comme pompe axiale on ne peut guère citer qu'un exemple qui est dû à notre Collègue M. Ch. Beer, tandis qu'il existe une très grande variété de pompes centrifuges. L'ouvrage donne un historique de ces pompes, leur théorie, le tracé des aubes, la description de grandes installations : épuisement des formes de radoub, application ou dragage des vases molles, et les résultats économiques, etc.

Les pompes à pistons fluides comprennent les monte-jus, les pulsomètres, etc. On peut dire que la première machine à vapeur ayant fonctionné pratiquement, celle de Savery, en est le point de départ.

Le chapitre III s'occupe des appareils fonctionnant par communication de force vive : béliers hydrauliques, éjecteurs, appareils à jet d'eau, émulseurs, etc.

La deuxième partie est consacrée aux machines à déplacer l'air. Le premier chapitre décrit les machines opérant par transport direct; on ne peut guère en citer comme exemple que la *Cagniardelle*, ancienne machine due à Cagniard de la Tour. Le chapitre II étudie les machines opérant par pression, qui se divisent en machines à mouvement alternatif, machines à pistons, à cloches plongeantes, etc., les machines rotatives à capacité variable, ventilateurs Lemielle, Fabry, Roots, etc., et les ventilateurs à réaction dont l'auteur donne la théorie, les dispositions très nombreuses aujourd'hui, le travail nécessaire à la mise en mouvement, le rendement, etc.

Le troisième et dernier chapitre traite des appareils agissant par communication de force vive, tels qu'éjecteurs et injecteurs à jet d'air comprimé ou de vapeur.

Ce compte rendu, déjà très long, ne donnera qu'une faible idée de l'intérêt que présentent les deux fascicules qui continuent si bien le bel ouvrage de M. Boulvin, lequel constitue, à notre avis, une encyclopédie théorique et pratique très complète des connaissances nécessaires à l'ingénieur mécanicien.

Nous avons été très heureux de faire connaître à nos Collègues un

ouvrage de nature à rendre de réels services à la plupart d'entre eux, d'autant plus que, malgré l'énorme quantité de matières contenues, l'ouvrage est relativement peu volumineux et d'un prix fort modéré. L'exécution matérielle est également très satisfaisante.

Nous conseillerions toutefois à l'éditeur de substituer dans la prochaine édition qui ne se fera pas attendre, nous en sommes persuadé, le renvoi aux pages dans la table des matières au renvoi aux numéros du texte. Ce dernier est plus commode pour l'auteur pour son travail, mais il l'est beaucoup moins pour le lecteur, qui trouve les numéros plus difficilement que les pages; c'est du moins notre avis et nous croyons que c'est aussi celui de beaucoup de nos Collègues.

Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie :

A. MALLET.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,

A. DE DAX.

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ DES

INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

AU

1er JANVIER

1898

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

au 1er Janvier 1898.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN FRANÇAIS												
Académie des Sciences (Comptes Rendus)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand (Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Aéronaute (L')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Album de Statistique Graphique relatif aux Chemins de Fer, Routes Nationales, Navigation, etc., de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Album National de la Fabrique et de l'Industrie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Almanach Hachette	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annales de la Construction (Nouvelles)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Chemins Vicinaux	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Annales des Mines	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Ponts et Chaussées (Partie Administrative)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Ponts et Chaussées (Partie Technique)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»

Bibliographie de la France, Journal Général de l'Imprimerie et de la Librairie	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bulletin de l'Imprimerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin des Transports Internationaux par Chemins de Fer (Berne)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin International de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bureau International des Poids et Mesures (Travaux et Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambres de Commerce (Le Journal des)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Dunkerque (Procès-verbaux des Séances)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Dunkerque (Statistique)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Paris (Bulletin de la Bibliothèque)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Paris (Travaux de la)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambre de Commerce de Rouen (Compte Rendu des Travaux)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambre de Commerce Française d'Alexandrie (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce Française de Portugal	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Chauffeur (Le) (4e Série du Technologiste)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Chemin de fer du Nord (Rapport présenté par le Conseil d'Administration)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de fer du Nord de l'Espagne (Rapport du Conseil d'Administration)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de Fer Grand Central Belge. Direction des Voies et Travaux (Compte Rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de Fer Grand Central Belge. Matériel et Traction (Compte Rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemins de Fer, Postes, Télégraphes et Marine de Belgique (Compte Rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chronique Industrielle	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Ciment (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Comité de l'Afrique Française (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Comité des Forges de France (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Comité des Forges de France (Bulletin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Congrès International des Accidents du Travail (Bulletin du Comité Permanent)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Congrès des Sociétés Savantes. Discours prononcés à la Séance du Congrès	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Congrès des Sociétés Savantes. Programme du Congrès	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Conseil Supérieur du Travail	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Conservatoire des Arts et Métiers (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Constructeur (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Construction Moderne (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Cosmos (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Description des Machines et Procédés pour lesquels des Brevets d'Invention ont été pris sous le Régime de la Loi du 5 Juillet 1844	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Direction de l'Hydraulique Agricole (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Droit Industriel (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Éclairage Électrique (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
École Nationale des Ponts et Chaussées	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École Nationale Supérieure des Mines	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École Spéciale d'Architecture	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Économiste Français (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Électricien (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Électrochimie (L')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

Avenir des Chemins de Fer (L')	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bibliographie de la France, Journal Général de l'Imprimerie et de la Librairie	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bulletin de l'Imprimerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin des Transports Internationaux par Chemins de Fer (Berne)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin International de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bureau International des Poids et Mesures (Travaux et Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambres de Commerce (Le Journal des)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Dunkerque (Procès-verbaux des Séances)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Dunkerque (Statistique)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Paris (Bulletin de la Bibliothèque)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Paris (Travaux de la)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambre de Commerce de Rouen (Compte Rendu des Travaux)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambre de Commerce Française d'Alexandrie (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce Française de Portugal	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Chauffeur (Le) (4e Série du Technologiste)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Chemin de fer du Nord (Rapport présenté par le Conseil d'Administration)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de fer du Nord de l'Espagne (Rapport du Conseil d'Administration)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de Fer Grand Central Belge. Direction des Voies et Travaux (Compte Rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de Fer Grand Central Belge. Matériel et Traction (Compte Rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemins de Fer, Postes, Télégraphes et Marine de Belgique (Compte Rendu)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chronique Industrielle	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Ciment (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Comité de l'Afrique Française (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Comité des Forges de France (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Comité des Forges de France (Bulletin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Congrès International des Accidents du Travail (Bulletin du Comité Permanent)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Congrès des Sociétés Savantes. Discours prononcés à la Séance du Congrès	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Congrès des Sociétés Savantes. Programme du Congrès	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Conseil Supérieur du Travail	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Conservatoire des Arts et Métiers (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Constructeur (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Construction Moderne (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Cosmos (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Description des Machines et Procédés pour lesquels des Brevets d'Invention ont été pris sous le Régime de la Loi du 5 Juillet 1844	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Direction de l'Hydraulique Agricole (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Droit Industriel (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Éclairage Électrique (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
École Nationale des Ponts et Chaussées	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École Nationale Supérieure des Mines	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École Spéciale d'Architecture	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Économiste Français (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Électricien (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Étincelle Électrique (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
France Automobile (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Génie Civil (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Génie Moderne (Le)												
Grandes Usines (Les). Études Industrielles en France et à l'Étranger, sous la Direction de Louis Turgan	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Industrie Électro-Chimique (L')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Inspection du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Institut des Actuaires Français (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Institut Égyptien (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Intermédiaire de l'Afas (L')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal d'Agriculture Pratique	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal de la Meunerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Éclairage au Gaz	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Chemins de Fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Transports	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Travaux Publics	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Usines à Gaz	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal Officiel	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal Télégraphique (Berne)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Marine Française (La)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Métallurgie et la Construction Mécanique (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de l'Industrie et de la Construction et Bulletin de la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Papeterie Française (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Moniteur des Fils et Tissus	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Intérêts Matériels	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur Maritime	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur Officiel du Commerce	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Musée Social	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Nature (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Nord (Le). Journal quotidien. Organe de la Politique et des Intérêts Franco-Russes	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Observatoire Météorologique du Mont-Blanc (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Office du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Portefeuille Économique des Machines	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Ports Maritimes de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Praticien Industriel (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Réforme Économique (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Réforme Sociale (La)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Répertoire du Journal Officiel de la République Française	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Coloniale	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Revue d'Artillerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue d'Hygiène et de Police Sanitaire	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de Chimie Industrielle	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue de Mécanique	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue des Brevets d'Invention	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue du Commerce Extérieur	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue du Génie Militaire	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Générale des Chemins de Fer	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Horticole	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Maritime	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Philomathique de Bordeaux et du Sud-Est	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Pratique de l'Électricité	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Pratique des Travaux Publics	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Scientifique et Industrielle de l'année	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revue Technique et les Annales des Travaux Publics et des Chemins de Fer et Annales Industrielles	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Universelle des Mines	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Semaine des Constructeurs (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Semaine Financière (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Semaine Minière (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Service Hydrométrique du Bassin de l'Adour (Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Service Hydrométrique du Bassin de la Seine (Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du Département de l'Aube	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Astronomique de France (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Belge d'Électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Belge des Ingénieurs et des Industriels (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Société Belge des Ingénieurs et des Industriels (Rapport annuel)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société d'Économie Politique (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Compte Rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie Commerciale de Bordeaux (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie Commerciale de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie de l'Est (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Géographie de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Géographie de Paris (Compte Rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de l'Industrie Minérale (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de l'Industrie Minérale (Compte Rendu)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société de Protection des Apprentis (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Secours des Amis des Sciences	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société des Agriculteurs de France (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société des Agriculteurs de France (Session Générale Annuelle)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers (Bulletin Technologique)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

Société et Chambre Syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers, Fondeurs de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société Française de Minéralogie (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Française de Physique (Compte Rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société Française de Physique (Séances de la)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Française des Ingénieurs Coloniaux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Industrielle de l'Est (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Industrielle de Mulhouse (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Industrielle de Mulhouse (Programme des Prix)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Industrielle de Reims (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Industrielle de Rouen (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Industrielle du Nord de la France (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Industrielle du Nord de la France (Comptes Rendus)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Internationale des Électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Nationale d'Agriculture de France (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Nationale d'Agriculture de France (Mémoires, Séance Publique Annuelle)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Scientifique Industrielle de Marseille (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Technique de l'Acétylène et des Industries qui s'y rattachent (Bulletin Officiel)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Technique de l'Industrie du Gaz en France (Compte Rendu des Congrès)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Vaudoise des Ingénieurs et des Architectes (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Société Vaudoise des Sciences Naturelles (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Statistique de l'Industrie Minérale et des Appareils à Vapeur en France et en Algérie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Statistique de la Navigation Intérieure	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents divers, 1re Partie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents divers, 2e Partie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Principaux)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Houillères en France et en Belgique	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Sucrerie Indigène et Coloniale (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Syndicat des Ingénieurs-Conseils en matière de Propriété Industrielle (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Tableau Général des Mouvements du Cabotage	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Tableau Général du Commerce et de la Navigation	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Tout-Paris. Annuaire de la Société Parisienne	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Travaux Techniques des Officiers du Génie de l'Armée Belge (Recueil des) (Ixelles)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Union des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Louvain (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Union Géographique du Nord de la France (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Usines Électriques (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Vie Scientifique (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Yacht (Le), Journal de la Marine	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Akademie der Wissenschaften (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Annalen für Gewerbe- und Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Architektur- und Ingenieurwesen (Zeitschrift) (Hannover)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Baumaterialienkunde	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Dingler's Polytechniches Journal (Stuttgart)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Gesellschaft Ehemaliger Studierender der Eidg. Polytechnischen Schule in Zürich	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
K. K. Central-Anstalt für Meteorologie-und Erdmagnetismus (Jahrbücher) (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins (Wochenschrift) (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Statistik (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Oesterreichischen Ingenieur-und Architekten-Vereines (Zeitschrift) (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Repertorium der Technischen Journal-Litteratur	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Stahl und Eisen. Zeitschrift für das Deutsche Eisenhuttenwesens (Düsseldorf)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift) (Berlin)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Vereines für die Förderung des Local-und Strassenbahnwesens (Mittheilungen) (Wien)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN ANGLAIS												
American Academy of Arts and Sciences (Proceedings) (Boston)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
American Engineer Car Builder and Railroad Journal (New-York)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Institute of Electrical Engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Institute of Mining Engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
American Society of Civil Engineers (Proceedings) (New-York)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of Civil Engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
American Society of Mechanical Engineers (Transactions) (New-York)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association of Engineering Societies (Journal of the) (Cleveland)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bureau of Steam Engineering (Annual Report of the Chief of) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
California State Mining Bureau (Bulletin) (Sacramento)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
California State Mining Bureau (Report of the State Mineralogist) (Sacramento)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Annual Archaelogical Report) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Transactions) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Canadian Society of Civil Engineers (Transactions) (Montreal)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
City Engineer of Boston (Annual Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

Electrical World (The) (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineer (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering and Mining Journal (The) (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering Association of New-South Wales (Minutes of Proceedings) (Sydney)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Engineering News and American Railway Journal (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering Record (The) (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering Society of the School of Practical Science (Papers) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Engineers' Club of Philadelphia (Proceedings) (Philadelphia)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Engineers' Club of Philadelphia (Record) (Philadelphia)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Field Columbian Museum (Annual Report) (Chicago)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Indian Engineering (Calcutta)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Institution of Civil Engineers (Minutes of Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Institution of Civil Engineers (Private Press) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Institution of Civil Engineers of Ireland (Transactions) (Dublin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland (Transactions) (Glasgow)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Institution of Mechanical Engineers (Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Institution of Naval Architects (Transactions) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Iron and Coal Trades Review (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Iron and Steel Institute (Journal of the) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
John Crerar Library (Annual Report) (Chicago)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Massachusetts Institute of Technology (Annual Catalogue) (Boston)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Massachusetts Institute of Technology (Annual Report) (Boston)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Midland Institute of Mining, Civil, and Mechanical Engineers (Proceedings) (Barnsley)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Mineral Industry its Statistics Technology and Trades in the United States and other Countries (The) New-York	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Mining World (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Navy Department. Bureau of Navigation. Office of Naval Intelligence (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
New-York State Museum (Annual Report) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
New-York State Museum (Bulletin) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
New-York State Museum (Memoirs) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders (Transactions) (Newcastle-Upon-Tyne)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers (Transactions) (Newcastle-Upon-Tyne)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Nova Scotian Institute of Science (Proceedings and Transactions) (Halifax Nova Scotia)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Public Works Department. Government of Bengale (Revenue Report) (Calcutta)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Railroad Gazette (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Railway Engineer (London)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

Street Railway Journal (The) (New-York)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
United States Artillery (Journal of the) (Fort Monroe. Virginia)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
United States Coast Geodetic Survey (Report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Annual Report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Bulletin) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Mineral Resources) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Monographs) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Naval Institute (Proceedings) (Annapolis)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
University of the State of New-York (Annual Report of the Regent) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
University of Wisconsin (Bulletin) (Madison) (Engineering Series)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
University of Wisconsin (Bulletin) (Madison) (Science Series)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Western Society of Engineers (Journal of the) (Chicago)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»

DANOIS

Ingenioren (Kjobenhavn)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

EN ESPAGNOL

Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (Boletin) (Barcelona)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Anuario de la Mineria, Metallurgia y Electricidad de España (Madrid)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Asociación de Ingenieros Industriales (Barcelona) (Revista Tecnológico Industrial)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México (Anales) México	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Asociación Nacional de Ingenieros Industriales (Boletin) (Madrid)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Boletin de Agricultura, Mineria e Industrias (México)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Boletin de Minas y Construcciones (Lima)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Industria é Invenciones (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Junta de Obras del Puerto de Bilbao	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Observatorio Meteorologico Central de México (Boletin Mensual)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Porvenir de la Industria (El) (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Revista de Obras Públicas (Anales) (Madrid)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revista de Obras Públicas (Boletin) (Madrid)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Sociedad Cientifica « Antonio Alzate » (Memorias y Revista) (México)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Sociedad Cientifica Argentina (Anales) (Buenos Aires)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad Guatemalteca de Ciencias (Revista) (Guatemala)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad « Sánchez Oropesa » (Boletin de la) (Orizaba)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Universidad Central de Quito (Anales de la) (Quito)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

EN HOLLANDAIS												
Ingenieur (De) (Vereeniging van Bugerlijke Ingenieurs) (La Haye) . . .	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het) (Notulen) (La Haye)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het) (Verhandelingen) (La Haye)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Nederlansche Vereeniging voor Electrotechniek (S' Gravenhage)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
EN HONGROIS												
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). Heti Értesitöje (Budapest) . . .	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). Közlönye (Budapest)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN ITALIEN												
Accademia dei Lincei (Atti della Reale) (Rendiconti) (Roma).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Modena (Memorie della Regia).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Collegio d'Ingegneri ed Architetti in Catania (Atti del)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Collegio degli Architetti ed Ingegneri in Firenze (Atti del).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Napoli (Bollettino).	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del). . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Giornale del Genio Civile (Roma).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Industria (L') (Milano)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Ingegneria Civile e le Arti Industriali (L') (Torino).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Istituto d'Incoraggiamento (Atti del Reale) (Napoli)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Politecnico (Il) (Milano).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Rivista di Artiglieria e Genio (Roma)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma (Annuario).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma (Programmi d'Insegnamento)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma).	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Bullettino) (Roma).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
EN NORVÉGIEN												
Teknisk Tidsskrift (Norsk) Kristiania	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Teknisk Ugeblad (Kristiania).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
EN POLONAIS												

Boletim da Propriedade Industrial (Lisboa)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Observatorio do Rio de Janeiro (Annuario)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revista de Obras Publicas e Minas (Associação dos Engenheiros Civil Portuguezes) (Lisboa)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
EN RUSSE												
Elektrotekhnitcheskii Viestnike	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Svode Privilegii) (Saint-Pétersbourg)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Zapiski) (Saint-Pétersbourg)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Injénière (Kiew)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Institouta Injéniérove Poutéi Soobchtchéniya Imperatora Aleksandra I (Sbornike) (Saint-Pétersbourg)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Sobraniya Injéniérove Poutéi Soobchtchéniya (Izviéstiya) (St-Pétersbourg)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN SUÉDOIS												
Teknisk-Tidskrift (Svenska Teknologföreningen) (Stockholm)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
EN TCHÈQUE												
Spolku Architektů a Inženýrů v Královstvi Českém (Zpravy) (Praze)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Technicky Obzor (Praze)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 2442-2-98. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE FÉVRIER 1898

N° 2.

Sommaire des séances contenues dans le mois de février 1898 :

1° *Chaudières marines* (Les). Lettre de M. A. Mallet (Séance du 4 février), page 168;

2° *Décès* de MM. J.-B. Pradel, N.-E. Schmitz, H.-P. Limet, P.-E. Jacquel (Séances des 4 et 18 février), pages 169 et 182;

3° *Décorations* (Séances des 4 et 18 février), pages 169 et 182;

4° *Grand Prix des Sciences physiques en 1897, décerné par l'Académie des Sciences, à M. J.-M.-H. Vallot* (Séance du 4 février), page 169;

5° *Prix Trémont en 1898, décerné par l'Académie des Sciences à M. Ch. Frémont* (Séance du 4 février), page 170;

6° *Nominations :*

Comme Membres des Comités d'admission de l'Exposition Universelle de 1900;

Groupe IV : Mécanique générale. — Classe 21. Appareils divers de la mécanique générale, M. A. Frager;

Groupe V : Électricité. — Classe 24. Électro-chimie, M. F. Clerc (Séance du 4 février), page 170;

7° *Congrès d'hygiène et de démographie, à Madrid.* Lettre de M. le Dr A. Jimeno (Séance du 4 février), page 170;

8° *Lettre de M. L. Mabilleau, directeur du Musée Social* (Séance du 4 février), page 170;

9° *Prix et récompenses à décerner en 1898, par la Société d'Encouragement pour l'industrie en Bohême* (Séance du 4 février), page 170;

10° *Exposition à Prague, en septembre 1898* (Séance du 4 février), page 171;

11° *Concours ouvert par l'Administration des Chemins de fer de l'État Suédois pour l'établissement d'une nouvelle gare à Stockholm* (Séance du 4 février), page 171;

12° *Mines et Ressources industrielles de la Nouvelle-Zélande*, par M. P. Garnier, et observations de MM. L. Rey, H. Couriot (Séance du 4 février), page 171;

13° *Chauffage électrique*, par M. F. Le Roy, observations de MM. G. Dumont, des Moutis, F. Hubou, H. Couriot, E. Badois, J. Arnoux, P. Regnard, E. Cornuault (Séances des 4 et 18 février), pages 173 et 181;

14° *Gisements aurifères de Sibérie* (Compte rendu de l'ouvrage de M. de Batz sur les), par M. P. Jannettaz, et observations de MM. G. Dumont, J. Garnier (Séance du 4 février), page 177;

15° *Chaudières marines* (bulletin de décembre 1897). Lettre de M. L. de Chasseloup-Laubat (Séance du 18 février), page 181;

16° *Chaudières multitubulaires marines* (Séance du 21 janvier). Lettre de M. E. Duchesne (Séance du 18 février), page 181;

17° *Exposition générale italienne, à Turin, en 1898*. Lettre de M. Federman (Séance du 18 février), page 182;

18° *Les conséquences à tirer de l'étude technique de la catastrophe de Bouzey* (3e partie). Calcul rationnel d'un barrage courbe à une ou plusieurs branches, par M. M.-L. Langlois et observations de M. E. Badois (Séance du 18 février), page 183;

19° *Transports par câbles aériens et leurs applications à l'agriculture, à l'industrie et aux constructions*, par M. Thiéry, professeur à l'École forestière de Nancy, et observations de MM. H. Couriot, E. Badois, Kern, L. Rey, O. de Rochefort-Luçay, P.-P. Guéroult (Séance du 18 février), page 186;

Mémoires contenus dans le Bulletin de février 1898 :

20° *Ressources minérales de la Nouvelle-Zélande*, par M. Pascal Garnier, page 192;

21° *Le chauffage électrique*, par M. P.-F. Le Roy, page 214;

22° *Chronique* n° 218, par M. A. Mallet, page 237;

23° *Comptes rendus*, — page 249;

24° *Planche* n° 207.

Pendant le mois de février 1898, la Société a reçu :

37212 — De l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. *Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. Exercice 1896-1897, XIV^e Bulletin.* Lille, L. Danel, 1897.

37213 — De la Société Internationale des Ingénieurs électriciens. *Liste générale des Membres de la Société internationale des Ingénieurs électriciens. Année 1898.* Paris, Gauthier-Villars et fils, 1898.

37214 à 37221 — *Répertoire du Journal officiel paraissant tous les mois entre le 5 et le 10. Table mensuelle, alphabétique et méthodique complète de tous les documents officiels et administratifs (Lois, décrets, arrêtés, etc.), ainsi que les débats parlementaires publiés dans le Journal de la République Française. Rédigé par Géo T. Prétrovitch, 1897. Journal Officiel des mois de janvier à décembre*, Paris, Polvliet.

37222 — *Annuaire-Chaix. Les principales Sociétés par actions : Compagnies de chemins de fer, Institutions de crédit, Banques, Sociétés minières, de transport, industrielles, Compagnies d'assurances, etc. Septième année, 1898.* Paris, Imprimerie Chaix, 1898.

37223 — *Annuaire pour l'an 1898. Publié par le Bureau des Longitudes, avec des Notices scientifiques.* Paris, Gauthier-Villars et fils, 1898.

37224 — De M. Max de Nansouty (M. de la S.). *L'année industrielle. Découvertes scientifiques et inventions nouvelles en 1897, par Max de Nansouty.* Paris, F. Juven et C^ie, 1898.

37225 — De A. Magyar Mernok-és Épitesz-Egylet. *A. Magyar Mernok-és Epitesz-Egylet. Tagjainak eim-és Lakásjegzike 1898, év, elején.* Budapest, 1898.

37226 et 37227 — De MM. E. Bernard et C^ie, éditeurs. *Art de l'Ingénieur, par M. Ch. Vigreux. Applications de la partie didactique. Projet de locomotives. Études d'une locomotive compound à grande vitesse à voie normale (1^m 44), et d'une locomotive-tender pour travaux publics ou chemins de fer d'intérêt local à voie de 1 mètre. En collaboration avec M. Ch. Milandre* (grand in-8° de 204 p. avec atlas grand in-4° de 26 pl.). Paris, E. Bernard et C^ie, 1898.

37228 et 37229 — *Dito. Procédés de forgeage dans l'industrie. Deuxième partie. Premier volume, par C. Codron* (Mémoire extrait des Bulletins technologiques de la Société des Anciens élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers, 1896-1897) (in-8° de 319 p. avec atlas même format de 49 pl.). Paris, E. Bernard et C^ie, 1898.

37230 — De M. le Comte de Chambrun (M. de la S.). *Albans Chaix, 1832-1897, par Albert Trombert* (pages 157 à 184 du Bulletin de la participation aux bénéfices, 19^e année 1897, 4^e livraison). Paris, Imp. Chaix, 1897.

37231 — De la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. *Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. Annuaire pour l'année 1898.* Paris, Chamerot et Renouard, 1898.

37232 à 37270 — De M. L. Périssé (M. de la S.). *Locomotives : Canadian Pacific Railway, 1 dessin ; Pensylvania Railroad Railway, 4 dessins ; 3 photographies ; Brooks, 4 dessins. — Exposition de Chicago : Grandes fermes du Palais des manufactures et arts libéraux, 5 dessins. — Ponts métalliques : Keystone Bridge C°, 9 dessins et une photogravure. — Canadian Pacific Railway, 7 dessins. — Tramways funiculaires de New-York, Philadelphie, Chicago, 5 dessins.*

37271 — De M. F.-B. de Mas. *Ministère des Travaux publics. Direction des routes, de la navigation et des mines. Recherches expérimentales sur le matériel de la batellerie par F.-B. de Mas, 5e fascicule, pages 99 à 132.* Paris, Imp. Nat., 1897.

37272 — Du Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes du Royaume de Belgique. *Royaume de Belgique, Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes et Marine. Compte rendu des opérations pendant l'année 1896.* Bruxelles, Joseph Goemaere, 1897.

37273 — De M. Ch. Janet (M. de la S.). *Les habitations à bon marché dans les villes de moyenne importance, par Charles Janet* (Extrait des Comptes rendus du Congrès international des habitations à bon marché tenu à Bruxelles en 1897) (in-8° de 18 p. avec 1 pl.). Bruxelles, Hayez, 1897.

37274 — Du Field Columbian Museum. *Field Columbian Museum. Publication 24. Report Series. Vol. I, n° 3. Annual Report of the Director to the Board of Trustees for the year 1896-97.* Chicago, 1897.

37275 et 37276 — Du Ministère du Commerce. *Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. Tome quatre-vingt-dixième, 1re et 2e Parties (nouvelle série). Année 1894.* Paris, Imp. Nat., 1897.

37277 — Du Boston Transit Commission. *Third Annual Report of the Boston Transit Commission for the year ending August 15, 1897.* Boston, Rockwelle and Churchill, 1897.

37278 — Du Ministère des Travaux publics. *Ministère des Travaux publics, Division des routes, de la navigation et des mines. Division des mines. Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1896, avec un Appendice concernant la statistique minérale internationale.* Paris, Imp. Nat., 1897.

37279 à 37281 — De M. J. Durupt (M. de la S). *Le Panorama. Le Président de la République. Les Fêtes de l'Alliance* (3 albums de photographies, format 280 × 340).

37282 — De MM. Baudry et Cie, éditeurs. *Guide pratique du chimiste métallurgiste et de l'essayeur, par L. Campredon, Préface de M. P. Mahler* (grand in-8° de 878 p. avec 150 fig.). Paris, Baudry et Cie, 1898.

37283 à 37286 — Dito. *Traité pratique de la machine locomotive, par Maurice Demoulin. Ouvrage précédé d'une introduction, par Édouard Sauvage* (4 volumes grand in-8°). Paris, Baudry et Cie, 1898.

37287 — Du Ministère du Commerce. *Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction de l'Office du Travail (Bureau des Syndicats professionnels et études d'économie sociale). Annuaire des Syndicats professionnels industriels, commerciaux et agricoles constitués conformément à la loi du 21 mars 1884 en France et aux Colonies, 9e année 1897* (in-8° de 620 p.). Paris, Berger-Levrault et Cie, 1897.

37288 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Cours d'électricité. Théorie et pratique, par C. Sarazin* (grand in-8° de 632 p., avec 592 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1898.

37289 et 37290 — Dito. *Petite Encyclopédie pratique de chimie industrielle publiée sous la direction de F. Billon. Soudes et potasses, 3e volume de la collection. Soufre et dérivés, 4e volume de la collection.* Paris, E. Bernard et Cie, 1898.

37291 à 37293 — De M. A. de Dax (M. de la S.). *Voyages métallurgiques ou Recherches et observations sur les Mines, faites depuis 1757 jusques et compris 1769, par feu M. Jars.* (3 vol. petit in-4°). Paris, Jombert, 1774, 1780, 1781.

37294 — De M. J. Morandiere (M. de la S.). *Les classes ouvrières en Europe. Etudes sur leur situation matérielle et morale, par René Lavollée. Tome III Angleterre* (grand in-8° de 656 p.). Paris, Guillaumin et Cie, 1896.

37295 — De M. E. Breton (M. de la S.). *Notions sur les matériaux employés dans les constructions. Première partie. Chaux et ciments. Deuxième partie. Roches, par E. Breton* (in-8° de 59 p.). Bar-sur-Aube, A. Lebois, 1897.

37296 — De M. R. Féret. *Études sur la constitution intime des mortiers hydrauliques, par R. Féret* (Extrait du Bulletin de décembre 1897 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (petit in-4° de 39 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1898.

37297 — De M. R. H. Thurston (M. de la S.). *Sibley College, Cornell University, A Historical Sketch, by Prof R. H. Thurston* (Reprinted from the American University Magazine) (gr. in-8° de 8 p.).

37298 — Dito. *Sibley College, Cornell University. R. H. Thurston, Director. Mechanical Laboratories and Experimental Research* (Reprinted from Cassier's Magazine) (grand in-8° de 14 p.). New-York, World Building, 1896.

37299 — Dito. *The Cornell University. Register 1897-98, December* (petit in-8° de 338 p.). Ithaca, Andrus and Church.

37300 — De MM. P. Vicq-Dunod et Cie, éditeurs (M. de la S.). *Chaudières à vapeur, par J. Dejust* (Bibliothèque du conducteur de travaux publics) (in-16 de 562 p. avec 394 fig. et 2 pl.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1898.

37301 — Dito. *Menuiserie, serrurerie, plomberie, peinture et vitrerie, par E. Aucamus* (Bibliothèque du conducteur de travaux publics) (in-16 de 352 p. avec 294 fig.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1898.

37302 — De M. Hoepli. *Dizionario Tecnico in quattro lingue III. Francese, Italiano, Tedesco, Inglese, per Ing. Edoardo Webber* (petit in-8° de 509 p.). Milano, Ulrico Hoepli, 1898.

37303 — De M. G. du Laurens de La Barre. *Manuel pratique des brevets d'invention et de la contrefaçon, par G. du Laurens de La Barre* (in-8° de 203 p.). Paris, A. Fontemoing, 1898.

37304 — De M. R. Benoit (M. de la S.). *Bureau international des Poids et Mesures. Détermination du rapport du yard au mètre, par le Dr J. René Benoit* (in-4° de 25 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

37305 — De l'Iron and Steel Institute. *The Journal of the Iron and Steel Institute. N° II, 1897, Vol. LII.* London, E. and F. N. Spon, 1898.

37306 — De M. J. Hignette (M. de la S.). *Notice sur l'épuration des jus sucrés de betteraves et de cannes. Défécation et carbonatation centrifuge à froid, procédé J. Hignette* (petit in-4° de 11 p.). Paris, 162, boulevard Voltaire.

37307 — De M. A. Brancher (M. de la S.). *Die Königliche Technische Hochschule Berlin-Charlottenburg. Photographische Original Aufnahmen nach der Natur, Lichtdruck und Herausgegeben von Hermann Rückwardt* (album de 19 pl., format 650 × 480) (Manquent les planches I, II, V, VIII, XVIII et XIX), Berlin, 1885.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de février 1898 sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

A. Bernard,	présenté par MM.	Baudot, Dubois, Nicolle.
A.-L. Beyla,	—	du Bousquet, Lippmann, Neveu.
R. de Bonard,	—	Molinos, Boileau, Destabeau.
F. Blanche,	—	Rey, Calmel, Dollot.
G. Charvet,	—	Loreau, Buquet, Canet.
H. Dupresne,	—	Chevrier, de Grièges, Gasan.
G.-F. Flament,	—	Hennebique, Hubert, Martinez.
A.-V. Girard,	—	Gassaud, Guérin, Neveu.
G. Laussedat,	—	Cazal, Miet, Reynaud.
A. Moyse,	—	Carimantrand, Mallet, Moreau.
H.-F.-J. Oller,	—	Garnier, Pozzy, Solignac.
A. Patrouix,	—	Bartissol, Pontzen, Seyrig.
F. Raty,	—	Lencauchez, Renard, Seguela.
H. Reich,	—	Cattauï, Faget, Ventre-Pacha.
J. Rett,	—	Carimantrand, Mallet, Duvignaud.
F.-M. Richard,	—	Dumont, Diligeon, Jousselin.
L. Rueff,	—	Rey, Derennes, Hinstin.
Ch.-P.-E. Schneider,	—	Buquet, de Chasseloup-Laubat, Schneider.
P.-A. Schuler,	—	Franck de Préaumont, Soreau, Lahaye.
J.-M.-H. Vallot,	—	H. Vallot, E. Vallot, E. Vallot.
F.-E. Vandesmet,	—	Loreau, Lippmann, Dumont.

Comme Membres associés, MM. :

E. Beauvalet,	présenté par MM.	Badois, Mesureur, Millet.
H. Morin,	—	Dardenne, Gaudineau, Mesnard.
J. Biès-Albert,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
E. Dolé,	—	Loreau, Lippmann, Dumont.
G.-G. Vandesmet,	—	Loreau, Lippmann, Dumont.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1898

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 4 FÉVRIER 1898

Présidence de M. G. DUMONT, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT annonce que notre Président M. A. Loreau a été au dernier moment retenu à Briare; c'est à cela qu'il doit l'honneur de présider cette séance.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'à propos de ce procès-verbal, M. A. Mallet a adressé la lettre suivante :

« Paris, 4 février 1898.

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» La lecture du dernier procès-verbal me suggère les observations suivantes pour lesquelles j'aurais eu l'honneur de vous demander la parole si j'avais pu assister à la séance de ce soir.

» M. Duchesne, au début de son intéressante communication, *propose* d'adopter, pour distinguer les deux grandes catégories de chaudières, les expressions : générateurs à *tubes d'eau* et générateurs à *tubes de flamme*. Notre collègue semble ainsi admettre que cette distinction n'est pas actuellement en usage. Il n'en est rien et, pour ne citer qu'un exemple, je rappellerai que le Traité de Mécanique de M. Boulvin, ancien élève de l'Ecole du Génie maritime de France et Ingénieur des constructions navales de l'Etat belge, ouvrage publié à Paris et très répandu, dont la partie relative aux chaudières a paru en 1894, contient précisément la distinction proposée par M. Duchesne, à cette différence près que l'expression tubes de flamme est remplacée par celle tout à fait équivalente de tubes à fumée.

» D'autre part, je ne partage pas la crainte exprimée par notre savant

collègue M. de Chasseloup-Laubat relativement au peu de clarté des désignations de tubes à eau ou tubes d'eau, surtout quand je vois ces désignations employées couramment par des autorités telles que M. A. Normand, l'éminent constructeur du Havre. J'avoue d'ailleurs qu'il me serait pénible d'admettre que, pour désigner en français un appareil industriel, il fût nécessaire de recourir à l'emploi d'une langue morte.

» Le très regretté amiral Paris, il y a près de cinquante ans, dans son *Dictionnaire de Marine à vapeur*, proposait les désignations de chaudière tubulaire *interne* et chaudière tubulaire *externe*, le mot chauffage étant sous-entendu. Ces expressions avaient l'inconvénient sérieux de prêter à l'équivoque, parce qu'on ne sait pas *a priori* si les qualificatifs qui les constituent sont relatifs à l'eau ou au feu.

» S'il m'est permis de parler de ma pratique personnelle, je dirai que depuis dix-huit ans que je fais les chroniques des *Bulletins* de notre Société dans lesquelles j'ai eu de très fréquentes occasions de décrire des générateurs fixes ou marins, j'ai toujours employé les expressions de chaudière *tubulaire* avec, au besoin, addition de *à retour de flamme* ou à *flamme directe* suivant les cas et de chaudière *à eau dans les tubes* ou *avec eau dans les tubes*. Ces expressions, si elles ne sont pas très élégantes, ont du moins le mérite de la clarté et je pense que les Collègues qui me font l'honneur de me lire ont toujours bien compris ce que je voulais dire.

» Je crois pouvoir conclure qu'il est inutile de formuler des règles pour la désignation des chaudières et que le mieux est de laisser à chacun la liberté de choisir parmi les expressions en usage celles qui lui paraissent les plus convenables, comme cela se pratique sans aucun inconvénient pour une foule d'organes mécaniques et d'appareils industriels.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments distingués et dévoués.

» A. MALLET.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de deux de nos collègues:

M. J. B. Pradel, Membre de la Société depuis 1889; a été directeur des chantiers du Creuzot à Chalon-sur-Saône, et Membre de la Chambre de Commerce;

M. N. E. Schmitz, Membre de la Société depuis 1877; ancien élève de l'Ecole des Arts et Métiers de Châlons, a été ingénieur-chef du service des machines de la Cie Parisienne du Gaz, chevalier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire connaitre les distinctions suivantes;

M. E. Plocq a été nommé chevalier de la Légion d'honneur;

M. Ch. Delessard, a été nommé officier de l'Instruction publique;

MM. F. Rabœuf et G. Tartary ont été nommés officiers d'Académie;

M. N. Boucher a été nommé chevalier du Mérite agricole.

M. J. M. H. Vallot, qui va être reçu ce soir membre de la Société, a obtenu de l'Académie des Sciences le Grand Prix des Sciences Physiques de 1897;

M. Ch. Fremont, lauréat de l'Académie des Sciences, comme cela a été déjà annoncé à la séance du 7 janvier dernier, a reçu comme prix le prix Frémont;

Ont été nommés Membres des Comités d'admission de l'Exposition universelle de 1900 :

Groupe IV : Mécanique générale. — Classe 21. Appareils divers de la mécanique générale, M. A. Frager.

Groupe V : Electricité. — Classe 24. Electro-chimie. M. F. Clerc.

M. LE PRÉSIDENT dit que, par suite d'une circonstance indépendante de notre volonté et de celle de l'imprimeur, le *Bulletin* de décembre est en retard. Il paraîtra dans une quinzaine de jours.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale plus spécialement :

1° L'*Art de l'Ingénieur*, par M. Ch. Vigreux, applications de la partie didactique ; *Projet de locomotives*, études d'une locomotive compound à grande vitesse, à voie normale (1,44 *m*), et d'une locomotive tender pour travaux publics ou chemins de fer d'intérêt local à voie de 1 *m*. En collaboration avec M. Ch. Milandre. Volume et atlas.

2° La deuxième partie du premier volume de l'ouvrage de M. C. Codron : *Procédés de forgeage* dans l'industrie. Volume et atlas.

Ces deux volumes ont été offerts par MM. E. Bernard et Cie, éditeurs.

3° Une série de *vues photographiques* relatives aux fêtes franco-russes, offertes par M. Durupt.

4° Le numéro du *Bulletin de la Bibliothèque de la Chambre de Commerce de Paris*, contenant le procès-verbal de la séance du 12 janvier où a eu lieu le renouvellement du bureau de la Chambre de Commerce pour 1898. Ce Bulletin reproduit les discours prononcés à cette occasion par M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie et par M. Delaunay-Belleville, Président sortant.

5° *L'Année industrielle* de M. Max de Nansouty, qui reprend la série de cette publication intéressante, interrompue pendant quelques années.

M. LE PRÉSIDENT signale qu'il a reçu de M. le Dr A. Jimeno, Secrétaire général du prochain Congrès international d'hygiène et de démographie qui se tiendra à Madrid, une lettre remerciant la Société pour la nomination des délégués qu'elle a précédemment désignés et annonçant l'envoi de divers documents relatifs au Congrès. Ces documents ont été déposés à la Bibliothèque.

M. LE PRÉSIDENT informe qu'il a reçu de M. L. Mabilleau, Directeur du Musée social : 1° l'avis que la Bibliothèque du Musée social, 5, rue Las-Cases, est ouverte les mardis, jeudis et samedis, de 8 à 10 heures du soir ; 2° plusieurs exemplaires du programme du concours de 1898, qui a pour sujet : *Les Assurances ouvrières* ; ils sont à la disposition des Membres qui s'intéressent particulièrement à cette question.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société d'encouragement pour l'industrie en Bohême a également adressé le programme des prix et récompenses qu'elle décernera, en 1898, aux inventions et découvertes utiles aux professions et métiers. Ce programme est déposé au Secrétariat.

M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes nous a, de son côté, signalé l'organisation d'une Exposition à Prague pour septembre 1898.

Il a aussi fait parvenir à la Société un avis concernant un concours ouvert par l'Administration des Chemins de fer de l'État suédois pour l'*établissement d'une nouvelle gare à Stockholm*.

On peut se procurer les renseignements et conditions de ce concours au Consulat général de Suède et de Norvège, 14, rue d'Athènes, Paris.

M. le Président donne la parole à M. Pascal Garnier pour sa communication sur les *Mines et Ressources industrielles de la Nouvelle-Zélande*.

M. Pascal Garnier dit qu'ayant été chargé d'une mission d'études industrielles en Nouvelle-Zélande sous la direction de M. Jules Garnier, il passa environ dix mois à explorer en détail ces îles.

Il étudia d'abord le nouveau district aurifère des environs d'Auckland dont les gisements, très bien adaptés au traitement par le cyanure de potassium, avaient été, jadis, un peu délaissés.

A la suite de la découverte de ce nouveau procédé, une grande animation se produisit dans ce district et tous les intéressés commencèrent à espérer des rendements magnifiques. Ils étaient, en effet, encouragés par l'exemple de la mine Waihi qui, d'abord ruineuse pour ses propriétaires, devint, au moyen de l'application du cyanure de potassium, très lucrative. L'enthousiasme fut, cependant, un peu modéré, lorsqu'on vit que certaines parties des filons nécessitaient, en plus de la cyanuration, l'opération de concentration pour obvier à la perte de parties riches, mais réfractaires, qui se présentent souvent dans ces gisements. Ces nouveaux procédés nécessitèrent des installations coûteuses et donnèrent lieu à un mouvement de fret sans précédent au port d'Auckland, point de déchargement des machines venant de l'étranger. Par contre, les champs d'or de l'île du Sud, en particulier ceux de la côte ouest, furent un peu délaissés pendant cette même période.

Le district d'Auckland se divise en plusieurs districts secondaires dont les plus connus sont ceux de Thames et de Coromandel. Ce dernier, surtout, est célèbre depuis longtemps à cause du filon Hauraki qu'il renferme. La mine qui porte ce nom est bien le type du genre à Coromandel. L'or de son filon se présente dans du quartz blanc caractérisé par de l'or facilement amalgamable, ce qui n'est pas le cas pour les mines situées dans le district de Thames ou dans le nouveau district de Waihi.

A Thames, non loin de Coromandel, le mode d'exploitation du minerai est spécial ; le quartz des filons présente bien l'or à l'état libre, mais il est souvent accompagné de sulfures métalliques rendant le traitement difficile et coûteux.

A Waihi, enfin, centre du nouveau district sur lequel sont fondées toutes les espérances des habitants de l'île du Nord, l'or est réparti dans le quartz d'une façon tellement ténue qu'il est rarement visible à l'œil nu. Ce quartz peut, jusqu'ici, subir uniquement le traitement par le cyanure.

M. Garnier cite encore, parmi les exploitations de l'île du Nord, les mines Woodstock, Crowon et Talisman, d'une part, et celle de Waitekauri d'autre part, comme centres aurifères, nés d'hier et ne pouvant se développer que grâce aux procédés nouveaux de traitement de l'or fin. Dans l'île du Nord de la Nouvelle-Zélande, tous ces filons quartzeux aurifères ont la même roche encaissante, l'*Andésite*, à l'état de décomposition jusqu'à une profondeur de 100 *m* environ. Cette formation de roches éruptives, désignées sous le nom d'Andésite dérive des nombreux volcans, aujourd'hui éteints, sauf trois encore en grande activité, qui avoisinent Auckland. C'est, certainement là, la plus récente des formations aurifères de la Nouvelle-Zélande. Dans l'île du Sud, il y a deux districts distincts, contenant des filons de quartz aurifères, celui de la côte ouest et celui d'Otago au sud-est. Ces districts, moins connus que celui du Nord, mais tout aussi intéressants, sont de formation bien plus ancienne. Celui de la côte ouest est constitué par des roches schisteuses anciennes, pendant que celui d'Otago est surtout formé de micaschistes. Ces deux variétés de gite ont provoqué la formation de nombreuses alluvions aurifères, qu'on exploite à l'aide de sluices ou de dragues. La côte ouest possède quelques bonnes mines de quartz déjà anciennes, les deux principales, la « Big River » et la « Keep it dark », caractérisent les filons rencontrés habituellement dans ce district. Les gites y sont formés de grosses lentilles de quartz, qui se succèdent avec régularité en profondeur, ce qui amène à penser qu'elles seraient susceptibles d'atteindre encore un grand développement dans le sens vertical. L'or y est généralement très pur et bien amalgable, ce qui explique que l'emploi du cyanure de potassium ne révolutionna pas ici l'industrie des mines, comme il le fit à Auckland.

Le district d'Otago ne présente guère d'exploitation de filons ; ceux-ci sont généralement trop pauvres et tous les efforts se concentrent sur le lavage des alluvions aurifères formées tous les jours par les torrents qui désagrègent lentement les micaschistes friables du pays, plus ou moins chargés de quartz aurifères. Aussi, voit-on là les alluvions attaquées à la fois, par des sluices sur terre et par des dragues sur le cours des rivières. Parmi celles-ci, la rivière « Clutha », est le centre des principales exploitations du pays et de nombreuses dragues s'échelonnent régulièrement sur une grande partie de son cours.

A côté de ces richesses en or, la Nouvelle-Zélande présente d'importants dépôts de houilles, situés dans ce même district de la côte ouest. Ces houilles, qui sont remarquables par leur pureté, sont très connues de toutes les Compagnies de navigation à vapeur du Pacifique et les navires se détournent de plusieurs jours de marche pour s'y approvisionner. Les couches sont horizontales et placées sur les hauteurs voisines de la mer ; elles sont comprises dans des grès à gros grains de l'étage du crétacé. Ces houilles, qui sont exploitées de plus en plus et commencent à s'exporter au loin, seront dans l'avenir une source de richesse pour la Nouvelle-Zélande.

M. Garnier, en terminant, signale l'existence de minerais de cuivre, de chrome, de fer et de manganèse, et dit qu'ils ne sont pas en quantité suffisamment importante pour donner lieu à exploitation.

M. le Président demande si quelqu'un a des explications complémentaires à demander, ou bien désire présenter des observations sur les diverses questions minières, dont vient de parler M. P. Garnier.

M. L. Rey demande si l'analogie entre la nature des roches de la Nouvelle-Zélande et de la Nouvelle-Calédonie qu'a signalée M. Garnier, se poursuit jusque dans la présence de l'or, dans les unes comme dans les autres, et si l'on a recherché ce métal dans notre colonie.

M. P. Garnier dit qu'en effet, on a exécuté des recherches en Nouvelle-Calédonie et qu'on a trouvé de l'or, mais en trop petite quantité pour l'exploiter.

M. H. Couriot demande si la main-d'œuvre coûte cher et si l'on peut se procurer aisément des mineurs exercés.

M. P. Garnier répond que les mineurs sont peu habiles ; on en fait venir des Colonies Australiennes, qu'on paie 8 à 10 *f* par jour.

M. le Président dit que la question des mines d'or reviendra tout à à l'heure à propos du compte rendu de l'ouvrage de M. Batz ; il ne ferme donc pas la discussion à ce sujet. Pour le moment, il adresse ses vifs remerciements à M. Garnier, pour le tableau intéressant qu'il vient de nous exposer des ressources minérales et industrielles de la Nouvelle-Zélande.

Il donne la parole à M. Le Roy, qui va traiter une question très activement étudiée en ce moment : celle du *chauffage électrique*.

M. F. Le Roy rappelle tout d'abord les inconvénients des divers modes de chauffage (bois, houille, gaz), puis il examine les procédés utilisés jusqu'à ce jour pour le chauffage par l'électricité. Actuellement le chauffage par l'électricité s'obtient en faisant passer l'énergie électrique à travers de minces fils métalliques, offrant une grande résistance au courant, de telle sorte que ces fils s'échauffent et par conduction transmettent la chaleur qu'ils dégagent. La chaleur se transmet des fils à la matière isolante qui les renferme, puis enfin, à la surface métallique constituant l'appareil même, casserole, bouilloire, radiateur, etc. Cela oblige à renfermer le foyer dans l'appareil même.

Au point de vue des usages domestiques c'est donc toute une batterie de cuisine nouvelle qu'il faut acheter et à laquelle il faut habituer son personnel. Au point de vue pratique, ces appareils sont, par leur construction même, sujets à prompte détérioration. Les réparations sont coûteuses et très difficiles.

Dans l'étude de son système M. Le Roy s'est proposé un double but :

1° Construire des appareils simples et commodes pouvant, pour les usages domestiques, permettre l'emploi de tous les ustensiles actuellement en service : casseroles, fers à repasser, etc. de façon à ne rien changer aux habitudes.

2° Rechercher théoriquement quels pouvaient être les corps dont les propriétés électriques ou physiques seraient les plus propres au développement de la chaleur et par suite déterminer le choix de la résistance.

De tous les corps ou composés que M. Le Roy a successivement étu-

diés au laboratoire de M. le Professeur Troost, à la Sorbonne, le silicium cristallisé ou graphitoïde semble seul devoir donner les résultats attendus.

Dans une note, présentée par M. Troost à l'Académie des Sciences dans la séance du 17 janvier dernier, M. Le Roy a détaillé les propriétés de résistivité du silicium.

Le coefficient de résistance spécifique du silicium cristallisé est 1 333 fois plus fort que celui du charbon à lumière et 235 294 fois plus fort que celui du maillechort.

Par ces recherches le premier des problèmes posé était donc résolu.

Au point de vue d'une utilisation pratique, on pouvait constituer des résistances de grande section et de petite longueur, capables de s'intercaler en dérivation par quantités de 1, 2, 3, 4 dans des foyers analogues à ceux des fourneaux à gaz.

M. Le Roy expose avec détails les considérations théoriques qui lui ont servi de base; il en conclut que le choix des métaux pour former une résistance destinée au chauffage est absolument irrationnel.

Il examine ensuite les prix comparatifs moyens des divers combustibles employés au chauffage.

Si l'on tient compte des divers rendements des appareils d'utilisation, le nombre de calories dégagées par chaque combustible sera :

Houille		1 500 000 grandes calories.
Gaz	appartements	1 312 —
	—	525 —
	cuisine	2100 —
Électricité	appartements	864 —
	cuisine	777 —

En admettant que :

la tonne de houille coûte	50 *f*
le mètre cube de gaz —	0,30
le kilowatt-heure	0,25

le prix des 1 000 grandes calories serait de :

Houille		0,033 *f*
Gaz	appartements	0,226
	—	0,550
	cuisine	0,140
Électricité	appartements	0,289
	cuisine	0,321

Il en résulte, laissant de côté la comparaison avec la houille, pour n'en établir qu'avec le gaz, ce qui est le point intéressant, que pour le chauffage des appartements avec les appareils à gaz les plus perfectionnés on dépensera 100 *f*, tandis qu'on dépensera 120 *f* avec l'électricité et avec les appareils tels que les foyers à bûches, l'électricité reviendra moitié moins cher que le gaz.

Pour la cuisine à une dépense de 100 *f* de gaz correspondra une dépense d'électricité de 230 *f*.

M. Le Roy fait remarquer que les rendements établis pour les différents appareils à gaz supposent que le mélange de gaz et d'air nécessaire

à la combustion se fait toujours dans les conditions voulues : or ce sont là des conditions qui se rencontrent rarement dans la pratique; suivant qu'on ouvre plus ou moins le robinet, les proportions du mélange varient et le rendement s'abaisse considérablement. — Avec les appareils électriques le rendement reste constant et ne dépend plus de l'habileté de l'opérateur.

M. Le Roy expose ensuite son système dont deux appareils type un poêle d'appartement et un petit fourneau de cuisine fonctionnent depuis le début de la séance.

Ce système consiste essentiellement dans *la Bûche électrique* constituée par un bâton de silicium pur, aggloméré et renfermé dans un tube de verre approprié pour le soustraire à l'oxydation.

Par le passage du courant électrique cette bûche est portée à la température d'environ 1 000°. Les appareils d'utilisation peuvent affecter toutes formes et toutes dimensions.

M. le Président pense que cet exposé où M. Le Roy vient de faire connaître les raisons scientifiques qui l'ont amené à constituer son nouvel appareil ne peut manquer de susciter quelques questions. Il fait remarquer que M. Le Roy a dit que les stations électriques avaient avantage à vendre du courant pour le chauffage pendant le jour, mais les besoins du chauffage coïncideront en hiver avec ceux de l'éclairage, de sorte que les stations devront augmenter leur matériel. Néanmoins, il est vrai qu'une augmentation de consommation diminuera les frais généraux.

M. Le Roy dit que cette dernière considération, jointe à l'intérêt qu'ont les stations à développer leur production, lui font espérer que les stations centrales favoriseront ce mode de chauffage.

M. R. des Moutis dit que la température des bûches devant être de 700 à 800°, tandis que la houille et le gaz donnent des flammes, le chauffage électrique peut moins bien convenir à certains usages, notamment à la cuisine.

M. Le Roy répond qu'au contraire en disposant différemment le petit fourneau actuellement en service, on peut obtenir des appareils à griller ou à rôtir exactement semblables à ceux à la braise et donnant les mêmes effets culinaires, ce qui est impossible avec le gaz. Pour le chauffage des appartements le système se prête à la réalisation d'appareils très décoratifs.

M. F. Hubou demande s'il n'y a pas inconvénient, au point de vue du rendement calorifique, à mettre ainsi un corps rayonnant dans un tube de verre où on a fait le vide.

M. Le Roy répond que le verre est un corps isolant, mais ayant un très grand pouvoir rayonnant. En se reportant au tableau de Melloni qu'il a cité tout à l'heure, on trouve pour le pouvoir rayonnant du verre une valeur de 95 ou 96.

M. le Président fait remarquer les différences qu'il y a entre ce système de chauffage électrique et ceux qui ont été créés jusqu'ici. Dans ces derniers, on noie des fils dans de l'émail ; en faisant passer un cou-

rant dans les fils, on échauffe l'émail. Le système de M. Le Roy est caractérisé par son indépendance ; on peut faire fonctionner 1, 2, 3, 4 bûches comme on allume 1, 2, 3, 4 becs de gaz.

M. H. Couriot voudrait savoir quelle est la durée probable des bûches électriques et si cette durée est comparable à celle des lampes à incandescence.

M. Le Roy a obtenu des durées extrêmes de 1 500 et de 800 heures : mais il faut tenir compte que la fabrication n'est encore qu'à l'état de procédé de laboratoire et non de procédé industriel. Toutes les bûches mises hors d'usage n'ont manqué que par défauts de fabrication, tels que rupture des fils de contact des douilles, etc., si bien que le bâton de silicium d'une bûche hors service pouvait être remonté dans un autre tube.

M. le Président rappelle que la première lampe à incandescence a coûté 25 *f* ; puis les prix se sont abaissés à 10 *f*, 5 *f*, et enfin 0,90 *f*. Combien, dès maintenant, peut coûter une bûche électrique ?

M. Le Roy estime que ce prix peut varier de 3 *f* à 3,50 *f*.

M. E. Badois demande à poser deux questions : quel est, en pratique, en dehors de la considération du meilleur rendement, le temps nécessaire à l'échauffement de l'appareil et comment peut-on faire varier la température ? Est-il possible, non seulement d'allumer ou d'éteindre plusieurs bûches comme on le fait dans un fourneau à gaz, à plusieurs rampes, mais aussi d'élever plus ou moins la température des bûches ? Dans quelle mesure, en un mot, et comment est-on maître de régler l'intensité du chauffage et sa variation, ce qui si nécessaire en cuisine, et ainsi qu'on y arrive en ouvrant plus ou moins un robinet à gaz ?

M. Le Roy répond que le temps nécessaire pour que la bûche électrique atteigne son régime de marche normale est seulement 2 à 3 minutes. Quant à la variation de température, elle est facilement obtenue, comme M. le Président l'a fait observer, en mettant en circuit une, deux, trois ou quatre bûches. Il suffit, pour cela, que l'appareil porte le nombre de prises de courant nécessaires. A cet égard, les appareils électriques présentent sur les appareils à gaz un grand avantage, puisque le rendement y reste constant, quel que soit le nombre de bûches en service.

M. Le Président fait remarquer qu'on pourrait se servir d'un écran de façon à prendre seulement une fraction de la chaleur.

M. R. Arnoux estime que le côté intéressant de la bûche de M. Le Roy est qu'on peut atteindre une température plus élevée qu'avec le rhéostat métallique. Mais on peut aussi bien employer la lampe à incandescence ordinaire comme appareil de chauffage. En ne fournissant à une lampe à incandescence que la moitié de son courant normal, on prolonge sa durée jusqu'à 5 à 6.000 heures.

Quel avantage y a-t-il à employer le silicium ? Le charbon peut donner les mêmes résultats ; aujourd'hui surtout qu'on le fabrique sans aucune difficulté, pour les lampes à incandescence, il serait facile de le

fabriquer aussi pour les bûches électriques, M. Arnoux estime donc qu'il serait plus avantageux de prendre du charbon que du silicium.

M. Le Roy dit que si l'on voulait employer le charbon comme matière calorifique, on ne pourrait pas obtenir le maximum d'effet utile; et que, au lieu d'un appareil pratique et industriel, on devrait avoir un appareil très volumineux et inutilisable : cela ressort nettement des différences de résistivité des deux matières.

M. P. Regnard voudrait savoir à quelle puissance correspond le poêle qui fonctionne dans la salle.

M. Le Roy dit que ce poêle contenant 12 bûches, et chaque bûche consommant 80 à 100 watts, la puissance absorbée est en nombres ronds de 1.200 watts, soit environ 1^{ch} 65.

M. Le Président adresse de très sincères remerciements à M. Le Roy qui a bien voulu faire connaître à notre Société son intéressante invention. Nous ne pouvons que lui souhaiter le succès dans les nombreuses applications ouvertes à cette nouvelle branche de l'électricité.

Il donne la parole à M. Jannettaz pour son *Compte Rendu de l'ouvrage de M. de Batz sur les Gisements aurifères de Sibérie.*

M. P. Jannettaz rappelle que dans une précédente séance, a été déjà signalé le volume sur *les Gisements aurifères de Sibérie*, dont M. de Batz a offert un exemplaire à notre Bibliothèque. En l'absence de l'auteur qu'il aurait voulu voir exposer lui-même à la Société cette intéressante question, il se propose d'en résumer les points les plus importants.

Dans l'avant-propos une série de chiffres, montrent l'importance considérable de la Russie, comme pays aurifère, importance qui amène de suite une question : pourquoi la Sibérie n'a-t-elle pas encore donné lieu à un grand mouvement semblable à celui qui s'est produit dans les autres régions aurifères? M. de Batz indique les principales raisons de ce fait, raisons dont chacune sera ensuite largement développée, dans les quatre livres qui constituent l'ouvrage.

Le premier livre est un *Aperçu historique, administratif et géologique*, où sont successivement étudiés : le développement de l'industrie de l'or en Russie, où la découverte du précieux métal remonte à un siècle et demi déjà; les divisions administratives de l'empire au point de vue minier et la législation spéciale aux gisements aurifères; les grandes lignes de la géologie de la Sibérie, encore assez mal connue dans les parties profondes, mais déjà étudiée au point de vue des placers, sur lesquels l'auteur donne de nombreux renseignements. Les alluvions de la Sibérie Occidentale sont pauvres, tandis qu'en allant à l'Est, on trouve des placers très riches et dont par suite, l'exploitation est rémunératrice malgré l'épaisse couche stérile qui les recouvre; tels les placers de Nertchinsk, dont certains donnent 8 et 12,79 *g* au mètre cube; et plus à l'Est, d'autres, dans le bassin de la Léna, dont la couche stérile a 20 et 40 *m*, mais dont la couche payante a une teneur moyenne de 6 à 7 *g* au mètre cube et contient jusqu'à près de 30 *g*. Quant aux gites filoniens ils n'ont encore été que très peu exploités, et ne fournissent pas 10 0/0 de la production de la Sibérie. L'or y est en général pyriteux. Les gisements

primitifs de l'or doivent se trouver dans la grande chaine qui traverse l'Asie du Sud-Ouest au Nord-Est.

Le livre II, traite des *Conditions locales influant sur l'exploitation*. La première est le climat, dont la rigueur est plus grande que celle des pays de même latitude. On peut à ce point de vue distinguer trois zones : la zone polaire, dans certaines régions de laquelle la température moyenne de l'année, est de — 17°; la zone forestière, remplie par des forêts et des marécages, où la chasse et la pêche fournissent des ressources importantes; la zone cultivable, au Sud où les étés sont chauds et les conditions favorables pour l'agriculture et l'élevage. Aussi, la Sibérie a-t-elle dans les dernières années, reçu de nombreux paysans russes, dont l'émigration a d'ailleurs été facilitée par des mesures gouvernementales; de 1887 à 1895, il y a eu près de 500 000 émigrants, la plupart se sont fixés dans l'Altaï.

Les moyens de transport sont le Transsibérien (dont une étude détaillée est donnée à la fin, sous forme d'appendice) ; les routes postales que l'on parcourt suivant les saisons, en voiture ou en traîneaux, sauf pendant trois mois d'automne et d'hiver, où il est impossible d'y circuler ; les voies fluviables où la navigation a lieu du 15 mai au 15 septembre. Grâce à ces grandes artères, il est assez facile d'atteindre les différents champs d'or de la Sibérie. M. de Batz indique, à ce sujet, les principaux itinéraires. Il s'occupe ensuite de l'organisation du travail, qui n'a lieu que de mai à septembre. Au point de vue de l'organisation financière, il faut noter que les capitaux d'exploitation sont faibles. La plupart des Sociétés sont en participation ; elles fournissent un petit capital, et se préoccupent non pas d'améliorer le matériel, mais de réaliser des bénéfices immédiats.

Les Méthodes d'exploitation (qui sont traitées dans le livre III), se ressentent forcément de l'organisation financière et restent très primitives. L'abatage de la couche stérile et de la couche payante se font à la main et les produits sont transportés par charrettes aux appareils de lavage et aux haldes. Il en résulte des frais de transport considérables. M. de Batz cite l'exemple d'un placer de l'Amgoune, où le prix d'abatage et de transport est pour les stériles, de 0,91 *f* pour 1 m^3, et pour la couche aurifère, de 1,47 *f* somme sur laquelle les frais de transport sont de 0,84 *f*. Le lavage des sables se fait sur des sluices à forte pente et de longueur modérée.

Cette partie de l'ouvrage se termine par des renseignements relatifs à une question des plus importantes : celle du prix de revient de l'or et des bénéfices de l'exploitation.

Dans un tableau relatif à diverses localités de Sibérie, on voit comme rapport des bénéfices aux dépenses dans ces dernières années les chiffres de 82, 33, 40, 21, 50 0/0. Il faut dire que, pour une exploitation dont les chiffres sont les plus récents (exercice 95-96), on ne trouve qu'un bénéfice de 15 0/0. Il est évident que des chiffres semblables à ceux cités les premiers ne peuvent pas se reproduire pendant de longues années.

Dans le Livre IV, sont examinées les *Modifications à introduire dans l'exploitation*, et d'abord celles qui se rapportent à la législation et à la main-d'œuvre, au sujet desquelles M. de Batz formule une série de desi-

derata : allocation plus rapide des concessions ; facilité plus grande donnée à l'exploitant de négocier l'or qu'il a retiré de ses placers ; obligation, sous peine de déchéance, d'exploiter dans un délai donné toute concession ; suppression des ouvriers à la tâche ; introduction du travail de nuit ; amélioration des appareils de lavage des alluvions ; transformations dans la gestion des exploitations. Après cet exposé, fait d'une façon rapide, M. de Batz examine plus longuement le rôle que doivent jouer, en Sibérie, les appareils mécaniques pour l'abatage et le transport.

Comme il le dit fort bien, « il faut adapter aux placers de Sibérie les méthodes inventées aux Etats-Unis et qui ont pour origine les mêmes raisons qu'en Sibérie : éloignement des centres d'approvisionnement, cherté de la main-d'œuvre. Il faut adapter et non transporter, et l'on courrait au-devant d'un échec en introduisant brutalement pour les alluvions de Sibérie, des machines qui peuvent avoir fait leurs preuves en Australie ou en Amérique. »

M. Jannettaz fait remarquer que d'un autre ouvrage français publié récemment sur la Transbaïkalie et le bassin de l'Amour par M. David Levat, qui a fait un long séjour dans ces régions, ressort également l'importance que doivent, dès maintenant, prendre les appareils perfectionnés en Sibérie.

L'ouvrage de M. de Batz comporte différents appendices : tableaux statistiques ; tableau de concordance des mesures dont il est impossible de se passer dans tout ouvrage relatif à la Russie, et ce qui est plus rare, mais non moins utile, glossaire des termes usités dans l'exploitation des placers de la Sibérie ; enfin note détaillée sur le Transsibérien.

Des reproductions de photographies et des dessins d'appareils permettent de se rendre compte de ce qui est relatif à l'exploitation ; une grande carte minière donne l'emplacement des différents gisements.

En somme, cet ouvrage est bien comme l'auteur se proposait de le faire, « un aperçu bref, mais pourtant aussi complet que possible des circonstances qui influent sur l'industrie de l'or en Sibérie » ; M. de Batz a complètement atteint son but, et les renseignements et documents qu'il a tirés des journaux étrangers, russes et américains, joints aux observations personnelles que lui avaient fournies deux missions en Sibérie lui ont permis de faire un livre d'une lecture fort agréable et instructive et dont tireront grand profit les ingénieurs qui s'intéressent spécialement aux questions relatives à la Sibérie et aux mines d'or.

M. le Président remercie M. Jannettaz d'avoir fait connaître à la Société l'intéressant ouvrage de notre collègue M. de Batz, et lui demande s'il pourrait fournir, d'après ses observations personnelles, quelques renseignements sur *l'or dans l'Oural*.

M. Jannettaz donne d'abord des indications générales sur les placers de l'Oural. Ils sont analogues à ceux de la Sibérie, et composés, comme eux, d'alluvions postertiaires. Ces alluvions ont une épaisseur comprise souvent entre 0,50 *m* et 1 *m*, atteignant quelquefois 4 *m* ; leur largeur et leur longueur sont très variables, et en général assez faibles ; quelques-uns atteignent cependant plusieurs kilomètres ; tel le placer

Pechtchanka, district de Bogoslovsk, qui a 12 *km*. L'épaisseur de la couche stérile varie ordinairement entre 0,50 *m* et 4 *m*; elle atteint quelquefois 20 *m*. On trouve des placers des deux côtés de l'Oural mais les plus importants sont sur le versant oriental.

M. Jannettaz passe ensuite en revue quelques placers :

Les placers de Miass, de Katchkar, de Bérézosk. Le mode d'exploitation est semblable à celui employé en Sibérie ; dans beaucoup d'appareils servant au lavage des alluvions, on pratique l'amalgamation.

Quant à l'exploitation des filons elle est déjà très développée. M. Jannettaz parle de ceux de Tcheliabinsk, de Katchkarh, de Nijni-Tagil, de Bérézosk.

L'exploitation s'y fait à des profondeurs très variables. Les traitements des minerais ont déjà été étudiés avec soin et l'on trouve des installations importantes avec les appareils modernes pour le broyage, l'amalgamation, la concentration, en certains points, la chloruration et la cyanuration.

Cet aperçu montre combien l'industrie de l'or s'est, surtout depuis une dizaine d'années, développée dans l'Oural ; la Sibérie trouvera donc à sa porte même les appareils et les méthodes dont l'application lui permettra, à son tour, de perfectionner son exploitation et d'augmenter sa production.

M. Jules Garnier serait heureux d'avoir quelques renseignements sur l'Oural, au point de vue géologique.

M. Jannettaz indique quelques-uns des faits saillants qui se rapportent à ce sujet, sur lequel l'heure avancée l'empêche de s'étendre aujourd'hui, comme il conviendrait ; dans quelque temps d'ailleurs il en reparlera avec détails.

M. le Président dit que ces deux communications sur l'or en Sibérie et dans l'Oural sont venues très heureusement après celle de M. P. Garnier sur la Nouvelle-Zélande. Cette importante question des mines d'or a été ainsi traitée à différents points de vue ; d'ailleurs elle reviendra prochainement, et la discussion à son sujet n'est pas close.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A. L. Beyla, G. Charvet, G. F. Flament, A. V. Girard, G. Laussedat, A. Moyse, H. F. J. Oller, Ch. P. E. Schneider, et P. A. Schuler, comme membres sociétaires.

MM. A. Bernard, R. de Bonard, F. Blanche, H. Dufresnè, A. Patrouix, F. Raty, H. Reich, J. Rett, F. M. Richard, L. Rueff, J. M. H. Vallot, F. E. Vandesmet, sont reçus comme membres sociétaires.

Et MM. E. Beauvalet, H. Morin, J. Biès-Albert, E. Dolé, G. G. Vandesmet comme membres associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
P. Jannettaz.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 18 FÉVRIER 1898

PRÉSIDENCE DE M. L. REY, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. E. CORNUAULT demande la parole au sujet de la communication faite dans la dernière séance sur le *Chauffage électrique*, par M. H.-F. Le Roy; celui-ci a dit que là où on dépense 100 *f* avec le gaz, on en dépenserait 120 avec l'électricité. En admettant, sous réserve, ces chiffres, ils viendraient de ce qu'il a compté le gaz au tarif normal de 0,30 *f* et l'électricité au tarif de 0,25 *f* le kilowatt-heure au lieu de 1,50 *f* qui est le prix de tarif à Paris. Il faudrait donc, pour que la comparaison fût équitable, multiplier par 6 les chiffres relatifs à l'électricité.

Après cette observation, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT dit que la Société a reçu deux lettres :

L'une, de M. L. de Chasseloup-Laubat, qui signale plusieurs erreurs matérielles dans son mémoire sur les chaudières marines et indique les corrections à y apporter. Ces corrections seront ajoutées à la suite du *Bulletin* de décembre, qui n'est pas encore fini d'imprimer;

L'autre, de M. E. Duchesne, est relative à la communication qu'il a faite à la séance du 21 janvier; en voici le texte :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» En lisant le procès-verbal de la séance du 21 janvier dernier, j'ai constaté que de notables différences dans les résultats des essais du *Friant*, semblaient ressortir de ce que M. Bertin a bien voulu nous dire et de ce que j'avais dit moi-même avant son arrivée parmi nous.

» Je me suis effrayé de ce malentendu et j'ai été voir M. Bertin pour lui en parler.

» J'avais projeté de vous demander la parole au commencement de la séance du 4 février pour exposer le résultat de mon entrevue avec M. Bertin. Mais, au dernier moment, il m'a été impossible d'y assister. C'est pourquoi je viens vous prier de vouloir bien, si vous le jugez convenable, faire ajouter au procès-verbal du 21 janvier, avant son insertion dans le *Bulletin*, les quelques lignes suivantes : M. Bertin m'autorise à déclarer qu'en parlant d'une combustion de 120 *kg* de charbon par mètre carré de grille-heure, il n'a entendu spécifier *que le fonctionnement du service courant*, mais il reconnut que, en effet, les essais du *Friant* ont été poussés jusqu'à 176 *kg* pendant quatre heures consécutives et

que ces essais ont été qualifiés de vraiment remarquables par la Commission de recette !

» Il a également assisté aux essais de la chaudière de torpilleur dont j'ai parlé et qui a brûlé 400 *kg* pendant dix heures consécutives.

» En ce qui concerne les difficultés de nettoyage, M. Bertin parle seulement des appréhensions qu'on a pu avoir à premier examen. Mais il a néanmoins pu voir par les rapports officiels, que les générateurs du *Friant* n'ont subi leur premier nettoyage qu'après deux années de service, et que ceux du *Menhir* n'ont été ouverts qu'après plus de *sept mille* heures de chauffe et trouvés en bon état.

» Vous voyez, Monsieur le Président, qu'il ne subsiste rien du malentendu involontaire qui s'était produit, et je vous prie de vouloir bien agréer l'expression de mes sentiments les plus respectueux.

» E. Duchesne. »

M. le Président dit qu'il sera tenu compte de cette observation lors de l'impression du *Bulletin*.

M. le Président a le regret d'annoncer les décès de deux de nos Collègues :

M. H.-P. Limet, Membre de la Société depuis 1849 ; a été Membre du Comité de 1862 à 1867 ; a été conseiller général de la Nièvre, maire de Cosne et industriel, chevalier de la Légion d'honneur.

M. P.-E. Jacquel, Membre de la Société depuis 1893 ; a été filateur.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que :

MM. Chassevent (M.-H.-C.), Guilbert-Martin (A.), Hermant (J.), Quenay (E.-A.), Rouché (A.), Steinheil (G.-H.), Vaslin (H.), ont été nommés Officiers de l'Instruction publique ;

MM. Arraou (L.), Bourdon (E.-A.), Denis de Lagarde (L.), Massalski (J.), de Retz, ont été nommés Officiers d'Académie.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus spécialement les suivants :

Guide pratique du chimiste-métallurgiste et de l'essayeur, par M. L. Campredon, avec préface de M. P. Mahler ;

Traité pratique de la machine locomotive, par M. Maurice Demoulin. Ouvrage précédé d'une introduction par M. Édouard Sauvage. 4 volumes. Ces deux ouvrages ont été offerts par MM. Baudry, éditeurs ;

Cours d'Électricité. Théorie et pratique, par M. Sarazin, offert par MM. E. Bernard et Cie.

M. le Président dit que la Société a reçu de M. Federman, Membre correspondant, une lettre annonçant qu'à l'occasion de l'Exposition générale italienne qui doit se tenir à Turin cette année, il y aura dans cette ville, du 15 juin au 15 juillet, un concours international pour voitures automobiles.

A cette occasion, M. le Président rappelle que, l'année dernière, M. Federman a déjà donné avis de l'Exposition d'électricité, qui doit avoir lieu à Turin à la même époque ; et que le Comité a désigné comme

délégués de la Société à cette Exposition : MM. G. Dumont. D. Federman, P. Boubée et A. Ronna.

M. Federman se tient à la disposition de nos Collègues qui désireraient avoir des renseignements sur ces deux parties de l'Exposition générale italienne.

L'ordre du jour appelle la communication de M. M.-L. Langlois, sur *les conséquences à tirer de l'étude technique de la catastrophe de Bouzey (3e partie) — Calcul rationnel d'un barrage courbe à une ou plusieurs branches.*

M. M.-L. Langlois commence par rappeler sa conclusion antérieure :

Un barrage en maçonnerie doit être établi en forme d'arc;

A une seule branche dans les vallées étroites;

A plusieurs branches dans celles de grande largeur.

Or, d'une part, les barrages courbes à une seule branche, qui ont reçu un grand nombre d'applications, ont toujours été calculés comme s'ils étaient droits; d'autre part, il n'existe pas encore de spécimens de barrages courbes à plusieurs branches.

Une méthode de calcul tenant compte de la forme courbe est donc : utile dans le premier cas, indispensable dans le second; c'est une méthode de ce genre que présente M. Langlois, en divisant sa communication en deux sections, correspondant aux deux cas spécifiés.

Première section :

Calcul rationnel d'un barrage courbe à une seule branche.

Premier problème : *Détermination de la section transversale la plus élevée de l'ouvrage.*

Pour prévenir tout danger résultant d'une dislocation accidentelle de la digue, M. Langlois détermine la section la plus élevée, en calculant une tranche de 1 *m*, comme si elle était indépendante du reste du barrage.

Deuxième problème : *Calcul du barrage, dans l'hypothèse que la retenue maxima est atteinte lorsque la température correspond à celle moyenne de la construction (en avril ou en mai).*

Les poussées + Q de l'eau, dans une tranche verticale quelconque, rencontrent des réactions — *q*, du fait de la forme en arc.

Les efforts + Q sont connus *a priori;* les réactions — *q* sont à déterminer tout d'abord.

Pour arriver à ce résultat, M. Langlois coupe la digue :

D'une part, en tranches verticales; d'autre part, en tranches horizontales.

Prenant une tranche verticale et une tranche horizontale quelconques, il exprime la déformation de leur point de jonction, en le considérant successivement comme faisant partie de chacune des tranches précitées.

Il égalise les deux expressions ainsi trouvées, qui contiennent les réactions inconnues — *q*.

Opérant de la même façon pour les *n* points de jonction analogues, M. Langlois arrive à *n* équations, qui lui permettent de dégager les *n* inconnues — *q*.

Introduisant ensuite les forces — q : d'une part, dans les tranches verticales; d'autre part, dans les tranches horizontales, M. Langlois détermine les coefficients partiels de travail de ces éléments; coefficients qu'il groupe ensuite, d'après le principe de la déformation plane.

Il recommande de vérifier avec soin si les sections extrêmes des tranches horizontales travaillent à la compression en tous leurs points, pour que les naissances de ces arcs partiels n'aient aucune tendance à s'ouvrir.

Troisième problème : *Calcul du barrage, dans l'hypothèse que la retenue maxima est atteinte pendant un hiver rigoureux.*

Dans les équations contenant les inconnues — q, M. Langlois introduit un nouvel élément résultant des contractions produites dans la maçonnerie par le froid.

Sauf cette modification, toutes les autres opérations sont les mêmes que précédemment; mais il faut observer que les vérifications de la non-ouverture des naissances, dans les arcs partiels, s'impose dans ce cas avec plus d'autorité que dans le premier problème.

Quatrième problème : *Détermination de la hauteur à laquelle on doit élever l'eau lors du premier remplissage hivernal, pour assurer le barrage contre tout fissurage transversal.*

M. Langlois présente la solution suivante :

Abaisser le plan d'eau de quantités prises arbitrairement, en refaisant les calculs du troisième problème.

La hauteur cherchée est celle pour laquelle :

a) Les efforts — q sont sur le point de changer de signe, au sommet de certaines tranches verticales;

b) Certains points des naissances des arcs partiels sont sur le point de travailler à la tension.

Deuxième section :

Calcul rationnel d'un barrage courbe à plusieurs branches.

Si on prend l'arc dans son ensemble, le calcul en devient inextricable, à cause de la mobilité des appuis intermédiaires.

En conséquence, M. Langlois propose la solution suivante :

1° Supposer les appuis intermédiaires invariables et, à l'aide des méthodes de la première section, déterminer les réactions et les moments d'encastrement des naissances de chacune des branches, considérées comme arcs isolés;

2° A l'aide des réactions des appuis intermédiaires, déterminer la déformation de ces appuis;

3° Introduire cette déformation dans un nouveau calcul des branches, ce qui donne de nouvelles réactions et de nouveaux moments d'encastrement;

4° Recommencer les calculs avec ces nouveaux éléments, et ainsi de suite, jusqu'à concordance suffisante entre deux séries successives de résultats;

5° Prendre alors les derniers moments et les dernières réactions comme exacts, ainsi que les efforts — q qui leur correspondent, et cal-

culer successivement les différents éléments des arcs et des appuis intermédiaires.

La conséquence générale de ces calculs est que les appuis intermédiaires doivent avoir une forme spéciale.

M. le Président remercie M. Langlois de sa très intéressante communication qui complète si bien les deux précédentes, et a été, comme elles, fort bien exposée. Il serait difficile d'ouvrir dès maintenant la discussion, et M. le Président propose de remettre celle-ci jusqu'après la publication du mémoire.

M. E. Badois dit qu'il n'a aucune objection à présenter aux savantes analyses que M. Langlois a faites des efforts qu'ont à supporter les barrages.

Mais il voudrait insister sur une question qu'il a déjà soumise à M. Langlois.

Celui-ci a, dans tout son exposé, supposé la paroi d'amont du barrage verticale, tandis que celle d'aval est inclinée.

Pourquoi cette supposition?

Dans les études qui viennent d'être présentées, il est toujours question de barrages s'appuyant sur le sol; quand on aborde l'étude des réservoirs d'eau, une autre question se pose. Ceux-ci sont, en effet, placés quelquefois sur des murs de 8 à 10 *m* de hauteur. Il est alors avantageux aussi bien pour économiser le terrain, que pour augmenter la stabilité, de donner à la paroi du réservoir une forme inclinée vers l'amont, en laissant à celle d'aval un moindre fruit.

M. Badois pense qu'il est bon de se rappeler les indications qui ont été données jadis par son maître vénéré M. Mary, et de se demander pourquoi la forme fournissant de bons résultats dans les murs de réservoir n'en fournirait pas également dans les murs de barrage; pourquoi, au lieu d'une paroi verticale, ne pas avoir une paroi inclinée vers l'amont?

M. M.-L. Langlois a déjà réfléchi à cette question que lui avait signalée M. Badois. Il laissera de côté la question des réservoirs établis à une certaine hauteur, pour lesquels la forme curviligne à l'amont peut jouer un rôle important; il s'occupera seulement de la digue d'un grand barrage, c'est-à-dire des questions suivantes : a-t-on intérêt à mettre l'amont incliné ou vertical? Quels sont dans chaque cas les avantages et les inconvénients?

A l'aide de croquis, M. Langlois montre comment agissent les forces sollicitant une section horizontale dans une tranche de 1 *m*, en prenant successivement la paroi amont verticale et la même paroi inclinée. Dans le premier cas, paroi amont verticale, les forces en question sont les suivantes :

a) Le poids P, de la maçonnerie;

b) La poussée Q, de l'eau du réservoir;

et leur point d'application est situé à une distance u de l'arête aval.

Dans le second cas, paroi amont inclinée, les forces correspondantes sont :

a') Une force verticale $P + p > P$;

b') La poussée horizontale Q, du cas précédent ; et la résultante de ces forces agit sur la section à une distance de l'arête aval : $u + u' > u$.

La distribution des forces est donc améliorée dans le second cas ; mais l'avantage qui en résulte se trouve presque compensé par l'augmentation de la charge verticale.

Pour augmenter l'avantage en question, on est d'ailleurs conduit à remplacer la forme inclinée de l'amont par une forme curviligne, accentuée à la base ; et dans une maçonnerie en moellons tout-venant, la région amont des sections horizontales se trouve alors dans des conditions de résistance plutôt incertaines.

D'un autre côté, la forme curviligne empêche à peu près complètement la construction d'un mur de garde, disposition qui s'impose puisqu'elle annule les effets de l'ouverture éventuelle des joints de l'amont.

Pour cette raison, M. Langlois a conservé la forme verticale de la paroi amont, dans les barrages en maçonnerie.

M. E. Badois, reprenant les croquis faits par M. Langlois, fait ressortir que l'augmentation des forces verticales (P devenant $P + p$), présente un avantage spécial sérieux : celui de s'opposer au glissement des sections les unes sur les autres et à celui de la digue sur sa base.

Or, il est clair que la résistance au glissement n'est pas moins importante que la résistance même aux charges verticales.

Quant à la construction elle-même, au lieu de se faire par assises horizontales, elle se réalise au moyen de cerces de forme convenable, les ouvriers maçons s'habituent très bien à faire des maçonneries normales à cette cerce, et ces assises ainsi disposées, venant se raccorder à des assises horizontales, procurent encore des conditions favorables pour la résistance au glissement.

M. Badois donne ensuite quelques détails sur la façon dont sont construits les réservoirs à paroi inclinée à l'amont.

M. Langlois reconnaît que la disposition que préconise M. Badois présente des avantages; il en a signalé un ; M. Badois en a fait valoir un autre : augmentation de la charge verticale qui résiste au glissement. Mais il estime que ces avantages sont de second ordre vis-à-vis de celui qui résulte du mur de garde, sur lequel il a longuement insisté dans ses communications.

M. le Président dit que cette intéressante discussion se poursuivra dans une prochaine séance, et après avoir remercié MM. Langlois et Badois, il donne la parole à M. Thiéry, professeur à l'École forestière de Nancy, pour sa communication sur les *Transports par câbles aériens et leurs applications à l'agriculture, à l'industrie et aux constructions.*

M. Thiéry insiste d'abord sur ce fait que les câbles transporteurs aériens, qui ont reçu de nombreuses applications à l'étranger, se sont fort peu répandus en France. Il semble que l'on ait été un peu timoré, car, dans bien des cas, ces transports sont moins onéreux que les transports sur essieux, et notamment lorsqu'ils permettent de raccourcir les distances. D'autre part, dans nos régions montagneuses, des mines, des carrières, des forêts restent inexploitées faute de moyens de transport.

A cet égard encore, les câbles aériens peuvent rendre de très grands services à l'industrie et à l'agriculture. M. Thiéry cite différents exemples.

L'administration des forges de Pont-à-Mousson a fait établir, pour le transport de minerais, un câble aérien qui passe au-dessus de la Moselle. Par le fait de cette installation, le prix de transport de la tonne a été réduit de 0,71 *f*, ce qui constitue pour un transport annuel de 40 000 *t* un bénéfice de 28 000 *f*; l'installation n'en a coûté que 83 000.

La maison Teste, Moret et Pichat, de Lyon, a installé récemment à la Chambre, en Savoie, un câble transporteur dans des conditions particulièrement difficiles. Depuis fort longtemps déjà, dans la région, on avait eu connaissance de magnifiques gisements de gypse, que l'on ne pouvait exploiter faute de moyens de transport. Le problème a été résolu par l'établissement d'un câble reliant directement les carrières avec les fours à plâtre. La grande difficulté de l'installation consistait dans le choix de l'emplacement des supports au milieu de rochers escarpés et d'éboulis considérables; aussi, donna-t-on aux portées la plus grande longueur possible; l'une d'elles a 800 *m*.

A Jarville, la Société des Aciéries du Nord et de l'Est a fait installer un câble pour transporter des laitiers d'une rive à l'autre de la Moselle. Ces scories ont été entassées sous la forme d'un cône qui a déjà 70 *m* de hauteur; et il est évident qu'en employant tout autre mode de transport il eût été impossible d'accumuler un aussi grand volume de matériaux sur la surface occupée par la base du cône.

Après avoir rappelé les différentes transformations qui se sont opérées dans l'installation des câbles : câble à voie unique, câble dormant à marche alternative, câble dormant à marche continue, monocâble à poulies verticales ou à poulies horizontales, M. Thiéry montre que si le câble dormant coûte plus cher d'installation que le monocâble, il a un rendement plus considérable. Pour faire un choix judicieux, il faut étudier dans chaque cas les conditions statiques et les conditions dynamiques.

L'application d'une méthode rigoureuse pour le calcul du diamètre des câbles donne lieu, dans l'exécution, à de grandes difficultés, l'équation de la chaînette étant très compliquée. MM. Thiéry et Demonet proposent une méthode approchée, basée sur l'égale répartition du poids du fil non plus sur la longueur de ce fil, mais sur la longueur de la corde. Les résultats pratiques obtenus par cette méthode sont les mêmes qu'avec la méthode exacte; en prenant pour donnée la flèche verticale du câble, on peut facilement en calculer le poids, quels que soient le nombre et la disposition des charges, quel que soit le nombre des appuis. M. Thiéry fait ressortir, par des exemples, que le mode de tension et la répartition des charges ne sont pas indifférents au point de vue économique; et il en conclut que l'industriel ou l'agriculteur a un intérêt considérable à se faire présenter plusieurs projets, afin de pouvoir faire un choix convenable. Cette méthode est très simple et s'applique à tous les cas; des tables numériques en facilitent encore l'application.

En ce qui concerne les conditions dynamiques, la flèche verticale sera choisie de façon que tout en restant compatible avec le relief du sol,

elle rende minimum la somme que l'on obtient en ajoutant aux frais d'amortissement les dépenses de consommation de la machine. Les conditions particulières de l'automobilisme font l'objet d'une étude spéciale.

En ce qui concerne le matériel roulant, M. Thiéry laissant de côté les procédés usités en France pour le transport des matériaux d'un petit volume, aborde la question du transport des matières lourdes telles que les bois, les pierres de taille, les matériaux de construction.

En Suisse, les grandes pièces de bois sont amenées sur des plans inclinés, puis accrochées au chariot au moyen de chaînes terminées par une *sauterelle;* à l'arrivée, elle sont reçues sur des chevalets, puis très rapidement décrochées, grâce à la sauterelle. Ce mode de chargement et de déchargement est très simple, mais il nécessite un grand nombre d'ouvriers.

En Amérique, la maison Lidgerwood emploie, pour l'épuisement des coupes, quatre câbles : le porteur, le tracteur, le câble de levage et la corde à boutons; ces câbles sont simplement suspendus à l'aide de poulies, à des supports en bois ou à des arbres. Le chariot porte, à l'arrière, sur un éperon, une série *d'otriers* ou *parachutes*, qui se décrochent successivement sous l'action de bagues de diamètres différents, enfilées sur la corde à boutons, et suspendent ainsi, en autant de points, le câble de levage au porteur. Cette ingénieuse disposition a permis de faire passer la vitesse des trains de 15 à 18 *km* à l'heure. Le tracteur et le câble de levage actionnent successivement, et en sens contraire, le chariot qui porte les bois.

Pour éviter les transbordements au passage de chaque support, M. Lamb fait supporter les câbles par des consoles fixées aux arbres de distance en distance; les voies aériennes se prêtent heureusement à quelques sinuosités et, d'après les remarques des exploitants, on trouve toujours, dans une haute futaie, une file d'arbres suffisamment rectiligne si l'on accepte entre eux une distance de 30 à 70 *m*. M. Lamb a imaginé également un moyen très ingénieux pour ramener sous le câble des troncs abattus à 100 ou même 200 *m* de distance de chaque côté de la voie; pour cela, il plaque sur un arbre voisin de l'arbre-support une poulie horizontale autour de laquelle s'enroule un fil attaché d'une part à l'un des chariots porteurs et d'autre part au tronc; le mouvement général amène alors la bille sous le gros câble.

M. Lamb a apporté un dernier perfectionnement à son système, par l'emploi de l'électricité comme moteur; à ce changement on a gagné, d'une part, une extension presque illimitée du rayon d'action, puis une simplification importante : le câble moteur double est remplacé par un câble unique sur lequel se hâle un toueur électrique; le câble porteur sert de conducteur au courant; le tracteur relié à la terre par ses supports, sert à la sortie de ce courant.

En remplaçant le crochet de suspension par une louve, on peut utiliser les mêmes appareils pour l'épuisement d'une carrière.

Le système Lidgerwood est également employé pour les constructions en Amérique; M. Thiéry montre une série de projections relatives à la construction d'écluses, de barrages, etc.; les pierres sont taillées à la

carrière et mises en place, sans transbordement, sur la crête de la maçonnerie. La gare de Baltimore offre un exemple très curieux; il s'agissait de construire une grande arche en pierre pour supporter un pont destiné à la circulation au-dessus de deux lignes ferrées très actives; on installa un câble le long duquel coururent et descendirent mathématiquement à leur place les pierres des assises et des voussoirs. Pendant toute la durée du travail, les trains continuèrent à rouler sans que l'on eût à déplorer le moindre accident.

Pour la construction des piles de ponts, le transporteur rend les échafaudages inutiles; et l'on peut juger combien cela peut être avantageux pour la navigation pendant l'exécution des ouvrages.

M. Thiéry pense, à l'approche des grands travaux qui vont se faire à Paris, au moment où les entrepreneurs vont chercher, par tous les moyens, à perfectionner leur outillage, qu'il peut y avoir place pour les transporteurs aériens qui rendent de si grands services en Amérique.

Enfin, après avoir montré le fonctionnement d'un excavateur funiculaire, et avoir dit quelques mots de l'utilisation du travail moteur dans les câbles très inclinés, M. Thiéry termine sa communication par la description de quelques procédés employés pour le transport des voyageurs.

M. le Président remercie M. Thiéry qui vient de traiter un sujet nouveau pour la Société et présentant un intérêt considérable; il y aurait, en effet, beaucoup d'applications à faire en France des transporteurs aériens, si employés déjà en Amérique.

M. H. Couriot demande à ajouter quelques mots à la communication si documentée que vient de faire M. Thiéry pour appeler l'attention de la Société sur un type de câble qui présente un avantage très notable, comme câble dormant, sur les câbles ordinaires : c'est le *câble clos*, type qu'on gratifie quelquefois du nom d'*excelsior*. Il est composé non plus de fils ronds qui ont l'inconvénient de laisser des vides dans leur section entre les cercles tangents des torons constitutifs, mais d'une série de petits fers spéciaux juxtaposés ayant une forme qui leur permet de s'emboiter les uns dans les autres, de sorte que la section du câble, qui est circulaire, est presque entièrement pleine, et, par suite, beaucoup plus petite que celle des anciens câbles, à résistance égale. Ces câbles clos ont l'avantage, par suite de leur moindre section, de s'enrouler sur des poulies de moindre rayon et leur surface extérieure étant lisse s'use moins et n'offre plus l'inconvénient que présentaient les câbles exclusivement employés auparavant, de fils coupés par l'usure et par le passage des galets supportant la benne, et s'opposant au déplacement de celle-ci en se mettant en travers du mouvement.

En Amérique, on a employé ces lignes aériennes pour des charges beaucoup plus importantes qu'en France, et on est parvenu à réaliser un transport presque intensif.

M. Couriot insiste ensuite sur l'intérêt du principe suivant lequel est établi le système Brunot et Heusschen dont a parlé M. Thiéry. Tandis que le monocâble doit être calculé pour la plus longue portée, le système en question permet de faire varier la section des câbles porteurs dans les diverses travées.

M. LE PRÉSIDENT demande, à propos des portées, jusqu'à quelle longueur on peut atteindre.

M. THIÉRY rappelle qu'il a signalé dans sa communication une portée de 800 *m*; d'ailleurs on ne l'a adoptée que parce qu'il était impossible d'établir des supports intermédiaires.

M. H. COURIOT dit qu'il a été installé à Kouana (Nouvelle-Calédonie), à la Mine Loire, un plan incliné aérien franchissant 1 100 *m* d'un seul jet. En 1891, a été installé un chemin de fer aérien de 2 700 *m* pour transporter les matériaux nécessaires à la construction des forts de Truc, près Bourg-Saint-Maurice (Savoie); ce chemin de fer aérien *élevait* les matériaux de 914 *m* et présentait une travée de 800 *m* de portée dans laquelle l'ascension était de 400 *m* de verticale. Un moteur de 20 *ch* actionnait le tracteur.

M. E. BADOIS fait remarquer que si l'on fabrique des câbles en Amérique, on en fabrique aussi en France, et qu'on a cité tout à l'heure le nom d'un constructeur français, M. Brunot.

M. KERN dit que M. Lamb, de New-York, dont M. Thiéry a parlé dans son intéressante conférence, s'est non seulement occupé du transport des bois, mais aussi, en dernier lieu, de la traction des bateaux sur les canaux.

Son système consiste en deux câbles fixes installés sur l'une des deux rives du canal; le câble supérieur supporte un truck moteur et contient les conduites d'électricité, le câble inférieur est le câble de traction enroulé sur une poulie de commande du truck auquel viennent s'amarrer les bateaux.

Les essais ayant donné des résultats satisfaisants, le Gouvernement américain aurait autorisé une dépense d'environ 15 000 000 *f* pour appliquer le système Lamb à certains canaux des États-Unis.

M. LE PRÉSIDENT demande quel est le poids le plus considérable qu'on peut actuellement transporter sur les câbles aériens.

M. THIÉRY rappelle qu'il a décrit des installations permettant de transporter des pierres de tailles, il s'agit donc de plusieurs tonnes.

M. H. COURIOT dit que, dans les mines, la charge utile est, en général, 250 à 300 *kg* par benne; rarement on dépasse 500 *kg*; en Amérique on va jusqu'à 1 *t* et 1,5 *t*, mais il n'y a pas avantage à faire des charges trop lourdes et il est préférable de répartir les poids sur une plus grande longueur.

Quant au trafic, il peut être considérable; c'est ce qui a lieu, par exemple, pour le chemin de fer aérien qui transporte les minerais des mines de Bedar (province d'Almeria), en Espagne; la ligne a une longueur totale de 15 600 *m*; elle traverse une vallée avec une portée de 280 *m*; la quantité de minerai transporté est de 150 000 à 200 000 *t* par an.

M. THIÉRY est d'accord avec M. Couriot sur les avantages qu'il y a à répartir les charges toutes les fois que c'est possible.

M. le Président partage le même avis; mais quand ce n'est pas possible, quand il s'agit des applications aux carrières, par exemple, quelle est la limite de poids qu'on peut transporter?

M. O. de Rochefort-Luçay dit qu'il a rapporté d'Amérique un prospectus où l'on voit une locomotive traversant une rivière portée par un câble.

M. P.-P. Guéroult se propose d'offrir à la Société la traduction du catalogue de la maison Lidgerwood, dont a parlé M. Thiéry, qui donnera des indications sur les portées et les poids à atteindre. On a pu élever et transporter des charges de 8, 10 et 12 *t* à des distances de 210 *m* et 360 *m* et les déposer sur ces différents parcours, à des hauteurs variables. Les diamètres des *cableways* varient de 0,050 à 0,106 *m*.

M. H. Couriot dit que les applications dont les chemins de fer aériens sont susceptibles sont nombreuses et très ingénieuses, c'est ainsi qu'on a été jusqu'à imaginer de juxtaposer contre la benne, une romaine qui permet de peser la charge en même temps qu'on la suspend. Il ajoute qu'on peut établir des bifurcations sur les chemins de fer aériens par plaques ou aiguilles, aux stations intermédiaires ou aux terminus.

En somme, on est arrivé à des solutions permettant de répondre à tous les besoins. On ne saurait donc trop engager les Ingénieurs, qui se trouvent en présence de transports difficiles dans les pays montagneux, à employer ces procédés encore trop peu répandus en France.

M. le Président dit qu'à ce point de vue, il sera intéressant de connaître les diverses installations de la maison Lidgerwood que M. Guéroult veut bien se charger de communiquer à la Société.

Il remercie tous les Membres qui viennent de présenter des observations à la suite de la communication si claire de M. Thiéry sur ce sujet important.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. Ch. Bellens, G.-A. Lambert, E.-E. Marchand, H. Moine, L.-H. Royer, G. Savin, J.-B.-L. Vidal-Beaume comme Membres sociétaires et de M. A. Salles comme Membre associé.

MM. A.-L. Beyla, G. Charvet, G.-F. Flament, A.-V. Girard, G. Laussedat, A. Moyse, H.-F.-J. Oller, Ch.-P.-E. Schneider et P.-A. Schuler sont reçus comme Membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,
P. Jannettaz.

RESSOURCES MINÉRALES
DE LA NOUVELLE-ZÉLANDE[1]

PAR

M. P. GARNIER.

Chargé d'une mission d'études industrielles en Nouvelle-Zélande, sous la direction de mon père, M. Jules Garnier, je débarquai à Auckland, ville principale de l'île du Nord, le 15 Août 1896.

Mes premiers soins furent de me mettre en relation avec les personnes pour lesquelles j'avais des lettres de recommandation et dont la situation permettait de faciliter mes travaux.

District d'Auckland *(Carte n° 7).*

Je débutai par la visite du district d'Auckland qui se divise lui-même en plusieurs groupes : j'étudiai d'abord la partie qui termine l'île au nord-est et qu'on nomme Coromandel. Le terrain est ici entièrement formé de roches volcaniques dénommées par les géologues du pays «Andésite» à cause de leur analogie avec le « Feldspath » qui accompagne la diorite porphyrique des Andes.

L'origine volcanique de ces andésites est affirmée par les nombreuses sources d'eau chaude et de boues brûlantes que l'on peut voir aux environs de « Te Aroha ». Les fréquents tremblements de terre qui agitent ce pays chaque année montrent que la croûte terrestre n'y est pas encore bien solide.

En arrivant au jour, ces masses énormes d'andésite paraissent avoir bouleversé et même détruit les anciennes assises stratifiées, car on retrouve des lambeaux de schistes durs, d'aspect ancien, disséminés parfois dans la masse d'andésite.

On peut déduire de ce fait que, si de grandes assises sédimentaires se sont autrefois superposées dans cette région, elles ont dû être brisées et disloquées par les éjections de l'andésite, devenant d'énormes blocs séparés qui furent entraînés à la longue par les agents atmosphériques, puisque nous n'en trouvons plus que des traces.

(1) Voir planche n° 207.

Aujourd'hui la mer a pris leur place, et la roche nouvelle forme, de ses masses épaisses, la structure de toute la péninsule et même de nombreux îlots rocheux qui la bordent.

L'andésite elle-même est plus ou moins traversée par d'autres roches de nature analogue, mais moins compacte, d'origine plus récente. Enfin des brèches volcaniques et de nombreuses cendres marquent les derniers efforts des volcans très nombreux dans cette région : on a pu en compter 19 dans la région d'Auckland qui sont aujourd'hui éteints, mais dont les cratères sont très bien conservés. Vers le sud de ce district, trois puissants volcans sont encore en activité; leurs sommets s'élèvent respectivement à environ 3 000, 2 500 et 2 000 *m*; des flammes et de légères pluies de cendres s'en échappent encore continuellement et ils ont vomi, à des époques récentes, d'énormes quantités de roches et de cendres qui, non seulement s'étendent jusqu'aux débris rejetés par les volcans voisins d'Auckland, mais encore recouvrent leurs plus anciennes éjections sur de grandes étendues.

Les recherches auxquelles on s'est livré dans ce district montrent que l'or ne se rencontre que dans l'andésite de la plus ancienne origine, aussi a-t-on lieu de supposer que les roches volcaniques plus récentes qui recouvrent l'ancienne andésite sont un grand obstacle à la découverte des gisements aurifères contemporains des roches inférieures. C'est du moins l'opinion de Monsieur James Park, géologue de la Nouvelle-Zélande, opinion qui s'est vérifiée jusqu'ici. On conçoit toutefois qu'il y ait une grande difficulté à distinguer, à l'œil, l'andésite ancienne des andésites plus récentes et cela, d'autant plus, que cette dernière roche éruptive contient elle-même de nombreux amas quartzeux stériles que le prospecteur est toujours tenté de travailler, sans résultats pratiques possibles.

La presqu'île de Coromandel que nous visitâmes d'abord, présente cette particularité d'être composée à peu près exclusivement d'andésite ancienne, soit que les roches plus récentes n'y soient pas parvenues, soit qu'elles aient subi l'érosion dont cette partie de l'île offre de nombreuses traces.

Dans l'andésite ancienne l'or est principalement concentré dans des roches quartzeuses formant, soit des filons, soit des amas : ces gîtes affleurent nettement à la surface de l'andésite ancienne pour disparaître aussitôt que le terrain se recouvre de l'andésite plus moderne et c'est par là seulement que l'on peut distinguer la différence d'âge des deux andésites : si l'on ajoute que le pays

est couvert d'une végétation extrêmement puissante, on comprendra combien le rôle du prospecteur y est difficile.

La mine type du district de Coromandel est la mine Hauraki, où l'or fut découvert il y a à peu près 25 ans. Le filon est du quartz avec de l'or libre assez gros et très pur; une simple batterie d'ancien modèle y est installée et comme les «tailings» sont trop pauvres pour être repris au cyanure, le traitement est très simple et le prix de revient assez bas.

Diverses Compagnies exploitent ce filon aux environs de la mine Hauraki dans le sens de l'inclinaison et dans le sens de la direction, mais il ne semble pas que, jusqu'ici, elles aient rencontré des parties aussi riches qu'à Hauraki même, ce qui montre que la richesse de ce filon est très irrégulière.

Des capitaux importants sont ici nécessaires pour l'exploration des filons aurifères et une puissante Compagnie s'est formée sous le nom de «Kauri freehold» pour bien étudier cette région. Elle dispose d'un capital élevé et possède des droits miniers sur une surface de 18 000 *ha* où l'on pense qu'existent de nombreux filons, à en juger par la nature des roches. Mais, jusqu'ici, et malgré de nombreuses fouilles, les recherches n'ont pas donné le résultat attendu; cela n'est point fait pour surprendre, car l'exploration d'une si grande surface, d'un relief des plus accidentés, couvert d'une végétation serrée, présente la plus grande difficulté; mais, d'après ce que nous avons pu voir, lorsque cette région sera coupée par des chemins, ou même des sentiers, on aura de plus grandes chances de réussite. Jusqu'ici on n'a trouvé que des gisements peu étendus qui n'ont pu être travaillés avec bénéfice, d'autant plus que le minerai trouvé nécessitait l'emploi du cyanure pour être traité convenablement.

On a, en effet, remarqué que, sur la côte ouest, où est située la mine Hauraki, l'or est d'une grosseur convenable pour être traité par l'amalgamation seule; mais sur la côte est, la cyanuration est nécessaire. Comme l'installation d'une usine à cyanuration est coûteuse, qu'elle exige des hommes spéciaux difficiles à trouver, il en résulte que certains filons ne sont pas exploités ici, où peu de Compagnies ont les moyens d'élever des installations complètes et reculent devant les dépenses et les lenteurs de construction d'usines, où chaque pièce doit être traînée sur des kilomètres de boues et de marais, avant d'arriver à destination.

Ces difficultés de transport n'ont cependant pas arrêté certaines Compagnies qui purent aboutir, mais à la condition de construire

des chemins, des ponts, etc. Cependant la grande majorité des mines sont encore confinées aux rivages de la mer, qui sont d'un accès plus facile que l'intérieur.

Sur la côte est de la presqu'île de Coromandel, près du village Kuaotunu et de la baie de Mercury, plusieurs filons sont exploités sur une échelle assez importante ; les puits pénétrant d'abord dans une andésite décomposée par les éléments atmosphériques sur une grande épaisseur ; c'est ce que les mineurs appellent « grès ». L'andésite devient ensuite compacte et c'est le « Country Rock » des mineurs. On commence depuis peu à améliorer les anciens modes de traitement du minerai ; cette amélioration consiste dans la combinaison de l'amalgamation avec la cyanuration. Mais ces perfectionnements sont très longs à venir, et chaque Compagnie semble attendre l'expérience acquise par ses voisines. Cependant, lors de notre visite à la mine « Kapaï Vermont », je remarquai une petite innovation, dont on semblait se bien trouver. On avait remplacé la batterie ancienne par un moulin à boulets, broyant le minerai à sec et traitant ensuite la poussière produite par le cyanure. Nous croyons ici ce procédé bien préférable à l'ancien, car le rendement est beaucoup plus élevé, mais il a le défaut d'exiger beaucoup de surveillance pour une marche régulière.

Dans ce district, l'or est allié à de l'argent, mais en proportions assez peu élevées pour ce dernier métal ; l'or y a une valeur de 2,80 *f* le gramme. Les filons sont très peu pyriteux, jusqu'à 200 pieds environ de profondeur, ensuite les pyrites sont en quantité suffisante pour qu'on ait un intérêt à les recueillir. On se contente pour cela de pratiquer des rainures dans les plaques amalgamées que l'on emplit de mercure, et dans lesquelles les pyrites se concentrent.

Les filons les plus remarquables du district de la côte est forment une ligne d'affleurements pas très nets à la surface, de direction nord-sud, et d'une longueur de 10 *km* environ. La partie la plus riche de cette ligne comprend les mines Great Mercury, Try Fluke, Kapaï Vermont et Jupiter, qui s'étendent sur une longueur d'affleurement de 2 *km* environ.

Le filon principalement exploité a une épaisseur de 2 à 5 pieds, il est presque vertical et composé de quartz tantôt rougeâtre, tantôt blanc ou noirci par de l'oxyde de manganèse. Le quartz rouge paraît être le plus riche et le blanc stérile. Nous avons rapporté quelques échantillons de quartz de cette mine, car ils

ont un aspect très curieux : le quartz blanc, privé d'or, est formé de feuillets mal juxtaposés et, par suite, de faible densité ; il ne paraît pas douteux qu'on soit ici en présence d'une silice gélatineuse, dont les éléments se sont réunis sous cette forme cristalline. Ce quartz nous rappelait les dépôts geyseyriens de silice que l'on peut voir non loin de là, aux environs des sources d'eau chaude. Quant au quartz mêlé de manganèse et d'oxyde de fer, on y distingue parfaitement les cristaux de quartz blanc, provenant de la silice gélatineuse, mais dont la surface est plus ou moins cachée sous un enduit d'oxyde de manganèse et de fer ; cet enduit renfermerait donc seul le précieux métal. La richesse moyenne de ce filon, dans les parties exploitées, est d'environ de 16 *g* par tonne ; cette teneur a été rémunératrice dans les niveaux supérieurs que l'on a pu exploiter par des galeries d'écoulement, partant du fond des vallées, bien que l'on n'employât que des installations sommaires ; mais aujourd'hui qu'il faut procéder par puits, extraire l'eau très abondante dans ce pays, les exploitants doivent améliorer leur outillage, s'ils veulent encore réaliser des bénéfices.

D'autre part, il ressortirait des essais que nous avons pu faire sur des échantillons provenant de différents niveaux, que la teneur en or diminue avec la profondeur. Cependant, ce fait n'est peut-être attribuable qu'à un brouillage momentané du filon qui nous paraissait, en effet, moins bien défini au niveau inférieur, mais qui pourrait bien reprendre un peu plus bas son allure régulière et sa richesse.

Notre visite à la partie nord de la presqu'île de Coromandel ne nous montra que des filons très minces et trop pauvres en or pour être exploités.

Après avoir disparu sous la mer, les roches de la presqu'île de Coromandel se relèvent pour former une île, nommée « Great Barrier », dont les montagnes d'aspect tourmenté renferment des filons minéralisés d'une façon très complète ; ils contiennent, en effet, et à la fois, de l'or, de l'argent, du cuivre, de l'antimoine ; un tel minerai échappe aux procédés habituels d'amalgamation et de cyanuration, et jusqu'ici on ne s'est pas occupé de les soumettre en grand à un traitement spécial, qui permettrait probablement d'en tirer profit.

District de Thames.

Le district de Thames est situé au fond du golfe d'Hauraki (carte 7) et fait encore partie de la presqu'île de Coromandel. — Ce district, si florissant en 1872, est presque abandonné aujourd'hui.

Cependant quelques Compagnies anglaises y reprennent les anciens travaux, espérant retrouver en profondeur la suite des riches filons qui affleuraient autrefois. On a gardé le souvenir de la richesse prodigieuse de ces gisements: ainsi la mine « New Caledonia » donna en une saison pour 3 000 000 *f* d'or aux trois mineurs à qui elle appartenait. Ici, ce sont de petits filons de quartz ordinaire, encaissés dans l'andésite et contenant l'or à l'état cristallisé ou amorphe. Le plus souvent le précieux métal se trouve en plus grande abondance entre le quartz et l'andésite. Après un simple triage la richesse était tellement élevée que les plaques amalgamées se saturaient d'or si rapidement qu'il fallait interrompre à chaque instant le travail pour les remettre en état d'absorber du nouvel or: c'était une perte de temps et, de plus, une grande partie de l'or échappait à l'amalgamation. Pour parer à ces inconvénients on avait recours à un procédé, bien rarement employé, qui consistait à augmenter la proportion du stérile dans les minerais qu'on passait dans les batteries, de façon à abaisser la teneur moyenne en or. Le métal obtenu contient près de la moitié de son poids d'argent. Par suite de la façon dont l'or se présente ici, il semblerait qu'il est le résultat d'un dépôt postérieur à la date de formation du filon de quartz ; le précieux métal est accompagné de galènes et autres sulfures métalliques; il se trouve aussi sous forme de tellurure. Le traitement employé pour extraire l'or dans ce district ne s'est pas amélioré : c'est toujours simplement les anciens procédés qui laissent perdre les tellurures d'or ainsi que les pyrites aurifères. Cependant à la mine « Monateri » l'on se proposait d'installer des « Frue Vanners » pour recueillir les concentrés. Grâce à cette richesse exceptionnelle des filons au début, la ville de Thames se créa et se développa au point de rivaliser très rapidement avec Auckland, la ville principale; mais cette animation s'éteignit avec la prospérité des mines. Il y eut, d'ailleurs, à ce moment, un véritable gaspillage des filons : ainsi la plupart de ces mines qui étaient situées près de la mer rejetaient sur ses

bords leurs « tailings » encore très riches. Ceux-ci emportés régulièrement par les hautes marées étaient donc pour toujours perdus et l'on a pu calculer que l'or ainsi emporté représente une valeur de plusieurs millions. D'autre part, lorsque les travaux parvinrent au niveau de la mer, il se produisit des afflux d'eau considérables dans les mines qui arrêtèrent l'extraction ; mais les intéressés se syndiquèrent pour foncer un puits central destiné à recueillir toutes les eaux. Ce puits, à l'aide d'une pompe de Cornouaille très forte qui fonctionne continuellement, assèche l'ensemble des parties exploitées dans les mines. Grâce à cette pompe une entreprise particulière, la mine « May Queen », put aller recouper ces filons à 250 *m* de profondeur. Cette Compagnie s'organise à grands frais pour travailler à ce niveau relativement profond, mais sans avoir eu la possibilité de bien étudier la richesse du filon à cause de l'abondance des eaux, contre lesquelles elle doit d'abord s'organiser.

Nous ferons remarquer que le district de Thames n'a qu'une faible étendue ; il est borné par la mer et par une zone complètement privée de filons et qui a une épaisseur de 15 *km* environ.

Nous allons successivement parler des filons aurifères qui se rencontrent autour de cette zone stérile.

District de Te Aroha.

Les filons aurifères de « Te Aroha » sont placés à 20 *km* au sud de Thames ; l'or s'y rencontre sous une forme réfractaire encore plus difficile à travailler que celle de l'île « Great Barrier », dont nous avons parlé ; il est, en effet, associé au cuivre, au zinc et au plomb, et malgré la teneur élevée du précieux métal, les exploitants se sont toujours ruinés jusqu'à présent. Ce qui les a mis en erreur, c'est que le minerai déjà oxydé que l'on trouvait autrefois aux affleurements était d'un traitement assez facile, tandis qu'en profondeur il devenait tout à fait réfractaire : ce district était donc très peu actif au moment de notre passage et nous le quittâmes pour visiter le centre célèbre de « Waihi » qui se trouve à 25 *km* à l'est de la ville de Thames.

District de Waihi.

Nous sommes ici dans un district dont la mine Waihi a fait la réputation, aussi en parlerons-nous un peu longuement.

Les filons de la mine « Waihi » présentent un caractère spécial, absolument différent de celui des mines rencontrées jusqu'ici en Nouvelle-Zélande. M. Jules Garnier, à qui nous avons donné à examiner les roches de ces filons, les a trouvées semblables à des roches rencontrées par lui dans le nord-ouest de la Nouvelle-Calédonie où elles formaient des amas dans la serpentine entre le cap Denerd et Gomen, aux îles de Koumac et de Tanlé. M. Jules Garnier a décrit cette roche aux pages 87 et 88 de sa *Géologie de la Nouvelle-Calédonie* ; à cause de leur toucher onctueux et de leur association aux serpentines, il les désignait sous le nom de « silicates de magnésie »; il n'y a pas cherché l'or. — Cette description indique bien que nous n'avons pas affaire ici à un quartz véritable et que la mine Waihi est un gisement exceptionnel au point de vue de l'habitat de l'or. De même, en ce qui concerne l'or contenu, il est aussi d'une nature physique un peu particulière : il est libre, et si fin qu'il échappe presque entièrement à l'amalgamation, qu'on a dû abandonner, pendant qu'au contraire, cette manière d'être de l'or convient on ne peut mieux à l'attaque directe par le cyanure de potassium; il résulte de ce fait que la mine Waihi, qui ne rendait que 20 0/0 de son or sur les plaques amalgamées, en rend 92 0/0 dans les cuves à cyanuration et qu'elle est aujourd'hui très rémunératrice après avoir été ruineuse.

On comprend donc que cette mine, découverte il y a déjà plusieurs années, ne prit pas de suite l'essor qu'elle méritait, et que les premiers exploitants s'y ruinèrent. Actuellement trois filons y sont reconnus et exploités sur une grande échelle ; un seul d'entre eux affleure à la surface, c'est le filon « Martha »; les deux autres nommés « Surprise » et « Welcome », ont été rencontrés par des travaux en profondeur. Ces trois filons ont respectivement 25 pieds, 12 pieds et 3 pieds d'épaisseur. D'après les croquis que nous donnons (*fig. 2, 3* et *4*), on voit que le filon Martha est incliné d'environ 80° vers le sud et que les deux autres sont aussi à peu près verticaux. Ces filons sont compris dans l'andésite, leurs épaisseurs sont parmi les plus grandes que l'on ait observées dans cette roche à la Nouvelle-Zélande. On ne connaît pas encore les limites exactes de ces filons dans le sens de leur direction, mais il est probable qu'ils ne sortent pas des bornes de la concession qui est, d'ailleurs, assez étendue. En effet, les nombreux travaux de recherches d'autres Compagnies, en dehors des limites de la mine Waihi, n'ont pas été jusqu'ici couronnés de succès. On

a cependant recoupé des zones aurifères, mais d'une teneur trop faible pour être comparée à celle des filons Waihi proprement dits.

La Compagnie Waihi a fait toute une série d'études pour arriver à trouver le traitement le plus rationnel de ses minerais : comme celui-ci arrive au jour très mouillé, dans le broyage à sec, auquel on s'est arrêté, il se formerait de petits conglomérats qui échappent à la cyanuration ; on s'est donc décidé à sécher le minerai dans des fosses où l'on place des couches successives de minerai et de bois que l'on fait brûler. Comme le pays est couvert de forêts, ce procédé n'est pas coûteux et un tramway spécial est affecté au transport du bois. Le minerai, même séché, ne peut pas non plus être broyé par des laminoirs, sans que ses parties argileuses se mettent en plaquettes dont l'or contenu échapperait au cyanure. — On emploie donc des batteries à pilons, et les poussières obtenues sont traitées dans des cuves de cyanuration en bois, d'abord par une solution faible, puis par une solution plus forte en cyanure. On termine par un lavage à l'eau pure. La durée de ces opérations varie entre 6 et 7 jours et, comme l'or est très fin, on extrait par ce procédé 92 0/0 de la teneur, ce qui est un résultat des plus remarquables.

La richesse moyenne du minerai atteint environ 100 *f* par tonne et le prix de traitement total ne dépasse pas 35 *f* ; le bénéfice est donc considérable. Nous ferons remarquer ici que l'or de ces filons contient une notable quantité d'argent.

A cause de la simplicité du traitement et comme, d'autre part, il n'y a pas ici de triage du minerai sur le carreau de la mine, le prix de 35 *f* pour le traitement, paraît élevé et on compte, en effet, l'abaisser bientôt à 25 *f*. Au moment de notre passage, on se servait d'une batterie de 90 pilons du type lourd, actionnée à la fois par la vapeur et par l'eau ; cette batterie est placée près du puits d'extraction, mais la force hydraulique est limitée. La Compagnie construisait alors, à une distance de 10 *km*, une nouvelle batterie de 150 pilons, située dans la vallée, mais dans un site où la force hydraulique est beaucoup plus importante. Une voie ferrée conduira le minerai à cette nouvelle usine, qui est en contre-bas de la première et comporte tous les perfectionnements dus à l'expérience acquise à l'usine précédente. Cette batterie était à peu près terminée en juin 1897. D'après les estimations du directeur, les économies réalisées y seront très notables. Nous donnons (*fig.* 2), le plan de cette mine montrant aussi la situa-

tion des diverses Compagnies qui se sont fait concéder les alentours ; en second lieu, nous donnons une coupe (*fig. 3*), montrant les travaux faits dans le filon Martha. Enfin, la figure 4 montre la coupe des trois filons de la Waihi.

Pour montrer l'importance de la mine Waihi, nous dirons qu'en 1895, on a extrait 34 000 *t* de minerai, dont le traitement a produit pour 3 000 000 *f* d'or. On pense que cette production sera presque doublée en 1898. D'ailleurs, la puissance des filons est si grande, que l'extraction ne paraît devoir, pendant encore longtemps, être limitée que par la capacité donnée aux usines de traitement, pour peu que les galeries d'études des filons continuent à les reconnaître avec la richesse qu'ils ont actuellement. Nous ne nous étendons pas plus longuement sur cette mine, la meilleure, sans contredit, de la Nouvelle-Zélande à l'heure actuelle.

District de Karangahake.

A quelques kilomètres à l'ouest de Waihi, se trouvent les mines de « Karangahake », connues sous les noms respectifs de « Crown », « Woodstock » et « Talisman ». Ces mines, favorisées par la présence d'un profond ravin, ont pu être atteintes à la profondeur de 150 *m* par diverses galeries d'écoulement. Les filons ici exploités sont contenus dans l'andésite et formés d'un quartz ordinaire dans lequel l'or est à la fois libre et mélangé à des pyrites au point de devenir réfractaire. On distingue 6 filons à peu près verticaux. Leur épaisseur est respectivement de 8, 5, 2, 2, 5 et 3 pieds. Le filon Woodstock a une teneur en or libre qui permet d'extraire 50 *f* d'or à la tonne. Jusqu'en 1897, ces filons étaient exploités d'une façon très élémentaire : on traitait les parties non pyriteuses dans de petites batteries et les parties réfractaires étaient séparées et expédiées aux usines de Freyberg en Allemagne ; mais, en présence de la régularité reconnue des filons, de la facilité de leur exploitation par galerie d'écoulement, de l'abondance de la force motrice hydraulique, on se décida à organiser des usines plus sérieuses ; c'est ainsi qu'on termina dans le courant de 1897, deux batteries de 40 pilons chacune, pour les mines « Crown » et « Woodstock » et une de 20 pilons pour le « Talisman ». Les canalisations d'eau, ainsi que les tramways amenant les minerais aux batteries, sont de construction très hardie et ont dû être accrochés aux flancs verticaux de la gorge où s'ouvrent les galeries d'écoulement. Ici, le broyage à sec est employé,

comme à la mine Waihi. Tout dernièrement, cependant, à cause du caractère de l'or de ces filons, qui présente parfois des grains d'or d'un diamètre sensible, la mine « Crown » essaya avec succès de broyer à l'eau, elle obtint de meilleurs résultats et supprima les frais de séchage du même coup. Il est donc probable que c'est à ce procédé de traitement que ces mines vont s'arrêter. Le directeur de la mine « Crown » a fait une expérience méritant d'être signalée : il ajoutait aux eaux des batteries une petite proportion de cyanure et repompait cette eau pour s'en servir à nouveau, jusqu'à saturation du cyanure, mais bien que la pompe fût mue hydrauliquement, il ne semble pas que ce système ait donné de bons résultats. C'est encore sur cette mine que le directeur disposa des plaques amalgamées sur lesquelles les « tailings », après leur dernier traitement par le cyanure, doivent encore passer avant d'être abandonnés définitivement. De cette façon, les particules trop grosses d'or qui n'auraient pas pu être complètement dissoutes par la solution, sont arrêtées sur les plaques.

Au groupe « Karangahake », nous rattacherons la mine « Waitekauri » dont l'allure des filons peut être comparée à celle de ce dernier groupe. Cette mine est située à 10 *km* au nord de la mine « Crown ». Le filon qu'on y exploite fut découvert par hasard; en effet, l'affleurement est à peine visible sur une petite distance, tandis qu'une galerie de niveau en profondeur l'avait déjà reconnu sur plusieurs centaines de pieds à l'époque de notre passage.

Ce gisement est dans l'andésite ; je n'ai pu obtenir sa teneur moyenne en or, mais la Compagnie semble avoir grande confiance, car elle installait une batterie de 110 pilons, mue hydrauliquement en partie, et reliée au puits d'extraction par un tramway de 10 *km* de longueur : le puits principal aura 120 *m* de profondeur et un torrent, détourné de son lit, descendra le long du puits et actionnera en profondeur une turbine qui pourra commander des perforatrices à air comprimé ; l'eau, après avoir ainsi travaillé à un niveau déterminé, s'écoulera naturellement par une galerie.

District de Whangamata.

Pour terminer avec l'île du Nord nous parlerons du district de « Whangamata », situé à l'est de la mine « Waihi », à environ 20 *km*. A l'époque de notre passage, ce district était encore peu connu et donnait aux prospecteurs, sinon des résultats décisifs, mais, du moins, de très bonnes indications, malgré la faible épaisseur qui nous a paru caractériser ces gisements.

Nous savons que, depuis peu, ces efforts auraient été récompensés et que, par exemple, la mine « Whangamata Proprietary » aurait réussi, après un travail de quatorze mois, à mettre à jour un filon de quartz tel que la construction de l'usine de traitement a été décidée.

ILE DU SUD

District de West Coast *(Carte n° 8).*

Dans l'île du Sud, notre attention fut d'abord attirée par le district aurifère, connu sous le nom de « West Coast », s'étendant depuis le cap « Farewell », au nord, jusqu'à la ville d'« Hokitika » au sud, c'est-à-dire sur une étendue bien plus grande que le district aurifère de l'île du Nord (Carte n° 8).

La formation géologique ressemble mieux ici à celle où se rencontre l'or habituellement; nous sommes, en effet, en présence de schistes durs, anciens, plus ou moins disloqués par des failles, et dans les fissures desquels se montrent des filons de quartz aurifère. Ces formations anciennes semblent, cependant, avoir subi l'action volcanique, si puissante dans l'île du Nord, en ce sens qu'on y rencontre quelques petits lacs d'eau sulfureuse. Les filons aurifères n'ont pas encore été beaucoup étudiés dans cette région, mais les travaux faits ont cependant permis de reconnaître que l'or s'y rencontre, tantôt à l'état libre, tantôt combiné avec des sulfures et, dans ce cas, très réfractaire. Les exploitants concentrent alors leur minerai et l'expédient en Australie ou en Europe pour l'y faire traiter par des méthodes perfectionnées.

Ici, comme dans l'île du Nord, les chemins font défaut et le moindre déplacement prend les proportions d'une expédition; aussi de vastes territoires restent-ils encore presque sans exploration. Les nombreux cours d'eau qui y prennent leurs sources charrient des alluvions aurifères, ce qui prouve bien l'existence de l'or, en place, dans les parties encore peu connues des massifs montagneux.

District de Paparoa Range.

La partie la moins explorée de ce vaste district est le « Paparoa Range », grande chaine de montagnes qui s'étend du nord-est au sud-ouest entre Greymouth et Westport. Nous avons pu en par-

courir une faible partie et y observer, dans les schistes anciens, de nombreux filons d'un quartz saccharoïde et chargé de sulfures de fer à une faible profondeur. Comme le sol est ici partout garni d'une couche de terre végétale recouverte d'une végétation abondante, le mineur se munit d'une tige de fer qu'il enfonce dans la terre, de distance en distance, ce qui lui permet de reconnaître si la roche en place est du schiste ou du quartz.

District de Reefton.

Reefton est situé dans une partie du district de la «West Coast» qui est relativement plus accessible et, par conséquent, plus connue que le reste du pays. Aussi nous y voyons quelques exploitations assez anciennes. Les filons travaillés sont à peu près parallèles et d'une direction nord-sud; ils s'amincissent souvent, disparaissent même, pour reparaître à une distance parfois assez grande; ce sont donc, à proprement parler, des lentilles dont le renflement est parfois considérable, car leur épaisseur atteint de 8 à 10 *m*.

Aux environs même de la ville de Reefton, les filons ont plus de régularité et c'est là qu'on trouve les trois mines qui passent pour les meilleures encore découvertes : la «Big River», le «Globe» et la «Keep-it-dark». Cette dernière mine n'est composée, cependant, que d'une énorme lentille de quartz qui, à une hauteur verticale de 160 *m*, n'a qu'une longueur horizontale de 25 *m*, avec une puissance de 10 *m*. Les travaux y ont été poussés jusqu'à 240 *m* de profondeur et l'opinion des mineurs du pays est que le gîte se continuera encore bien plus profondément, à cause de sa grande puissance. Cette mine est le type des gisements du district, qui sont peu étendus en direction, mais s'enfoncent verticalement très bas. Le quartz de ces filons contient de l'or libre, mais peu de pyrites, et la teneur en or est d'environ 75 *f* par tonne, ce qui est considérable, attendu que le prix d'exploitation est de 25 *f* par tonne environ.

La mine «Big River», située sur l'alignement des filons précédents, mais à une distance de 10 *km* au sud, présente une allure en *chapelet* encore plus caractéristique : ici, les travaux ont atteint 200 *m* de profondeur; le quartz, comme celui de la mine précédente, se traite facilement et les «tailings» produits ne gardent pas plus de 4 à 5 *g* d'or par tonne sur une teneur totale de près de 25 *g*.

Les filons contenant des minerais réfractaires ne sont pas rares dans cette région, mais, comme leur traitement exige plus de capitaux et plus de soins, on recule devant leur exploitation; c'est ainsi que nous avons eu l'occasion d'examiner un filon de quartz de 5 pieds d'épaisseur, contenant, en certaines parties, jusqu'à 150 *g* d'or à la tonne, mais comme ces parties riches n'étaient composées que de sulfures d'antimoine et de pyrites diverses, le gisement n'était pas exploité.

Alluvions aurifères de la West Coast.

Comme il fallait s'y attendre dans un pays recoupé par tant de filons de quartz aurifères et sillonné par des cours d'eau, on rencontre ici de très grandes quantités d'alluvions.

Ces dernières se divisent en trois classes :

1° Les masses alluvionnaires qui couvrent le fond des vallées où elles forment des sortes de plaines, dans lesquelles les cours d'eau modernes ont tracé leur lit. On donne le nom, dans ce cas, de *terrasses* aux parties horizontales des alluvions avoisinant les berges de ces cours d'eau et le nom de *faces* aux berges elles-mêmes qui, la plupart du temps, sont verticales et d'une hauteur atteignant parfois 20 *m*. Ces alluvions sont formées de cailloux roulés comportant un mélange de schistes durs, de micaschistes et de quartz.

L'expérience du mineur lui a montré qu'il fallait s'attacher plus spécialement aux alluvions présentant des galets plats et non à celles dont les galets sont arrondis; sans doute les galets plats, plus difficiles à mettre en mouvement par les eaux, retenaient mieux la poudre d'or que les galets ronds qui roulaient avec elle. Les éléments de cette classe d'alluvions ne sont jamais très gros, ils ont donc été déposés par des cours d'eau d'une vitesse assez faible.

L'exploitation de ces masses alluvionnaires est rendue assez compliquée par la difficulté qu'on a de se débarrasser économiquement du résultat du lavage; généralement on détourne une partie des eaux de la rivière en lui donnant une pente légère, en pratiquant cette dérivation à la surface d'une *terrasse* et en ramenant ce bief vers la partie de la berge que l'on veut laver. Si cette berge est peu élevée au-dessus du niveau de l'eau, on place un sluice dont l'extrémité aboutit dans le cours d'eau lui-même, lequel cours d'eau emporte directement les résidus du lavage.

Mais, si la berge est élevée, et que la surface de la *terrasse* n'ait pas une pente suffisante pour établir la dérivation dans de bonnes conditions, on est alors obligé de pratiquer une tranchée plus ou moins profonde au travers de cette terrasse; celle-ci va aboutir au cours d'eau, ou bien à un puits vertical communiquant avec le niveau de la rivière par une galerie d'écoulement.

La richesse de ces alluvions est loin d'être régulière ; d'ailleurs, les prix de revient de l'extraction sont assez variables suivant les conditions de l'exploitabilité du gîte considéré, lequel exigera plus ou moins de travaux préliminaires. En tout cas, on voit à chaque instant des gîtes abandonnés par les blancs et repris par des Chinois qui s'en montrent très satisfaits. Le centre principal de ce genre d'exploitation est « Kumara » où le gouvernement a fait les frais d'un aqueduc qui distribue l'eau aux mineurs moyennant une très faible redevance.

On n'est pas gêné ici, comme en Californie, par les résidus du lavage et on ne le sera pas de longtemps ; ces exploitations se poursuivront encore pendant bien des années, faisant vivre toute une population de modestes travailleurs.

2° On rencontre aussi au bord de la mer, près de « Westport » des alluvions d'une nature spéciale ; elles sont formées d'une boue tenace, couleur d'ocre, par couches horizontales de 20 pieds d'épaisseur et reposant sur un lit de galets ; on les nomme « Cement ». Comme cette matière est trop compacte pour être désagrégée par la seule action de l'eau, on la traite, à la manière du quartz, avec des pilons, mais ceux-ci sont légers à cause de la faible dureté. L'exploitation se faisant à ciel ouvert et le broyage étant rapide, une teneur de 4 à 5 *g* d'or à la tonne est suffisante pour donner des bénéfices. Les installations sont peu importantes et ne travaillent pas très économiquement ; on peut penser que si l'on substituait le traitement direct au cyanure à la méthode actuelle, comme l'or est très fin et très pur, on augmenterait beaucoup les rendements, et les bénéfices par conséquent. L'or est surtout abondant à la base de la couche près du lit de gravier.

3° Nous arrivons à la troisième manière sous laquelle se présentent les alluvions d'or dans cette partie de l'île et nous rappellerons que c'est leur découverte, vers 1866, qui amena ici des aventuriers de tous les pays pour en faire l'exploitation et c'est de là que datent les deux villes de « Greymouth » et de « Hokitika » qui, sans la présence de l'or, seraient restées dans le néant, tant

la côte où elles sont placées présente peu de ressources. La plage de la mer est ici formée par un sable toujours remué par les vagues et les marées; les parties légères sont emportées, et le reste se classe par ordre de densité; à la base se dépose une petite couche d'un sable noirci par des oxydules de fer plus ou moins mêlés à des particules d'or; à marée basse, au moyen de petits sluices facilement transportables et qu'un homme ou deux peuvent manier, on lave ces sables aurifères: les profits sont aujourd'hui moins grands que dans le début, mais ils suffisent pour faire vivre convenablement de nombreux ouvriers. Cette exploitation peut être considérée comme indéfinie, attendu que ces sables aurifères se rencontrent sur le rivage de la côte ouest sur une très grande longueur. Nous remarquerons ici que la couche d'oxydule de fer est parfois si riche en fer qu'on a tenté plusieurs fois de la traiter comme minerai de fer et qu'en 1897 une Compagnie anglaise s'organisait pour monter une aciérie basée sur des méthodes spéciales pour traiter ces sables.

District d'Otago *(Carte N° 9).*

Nos études des mines d'or de la côte ouest terminées nous nous rendîmes sur la côte est, au district aurifère d'Otago, en traversant les chaînes de montagnes formant le centre de l'île (carte n° 9).

Nous sommes ici dans des terrains très anciens, principalement formés de micaschiste. L'or y fut découvert d'abord dans les alluvions de la grande rivière « Clutha » et l'on peut dire que l'histoire de cette partie de l'île date de cette découverte qui fut faite en 1861. Depuis cette époque, des filons de quartz aurifère ont aussi été trouvés, mais ils sont loin d'avoir encore atteint l'importance des alluvions au point de vue industriel. Nous parlerons donc principalement de l'or alluvionnaire.

Le bassin de la rivière Clutha est très étendu; il n'a pas moins de 200 *km* de longueur, depuis le lac « Wakatipu » d'où sort la « Clutha », jusqu'à son embouchure.

De nombreux cours d'eau secondaires se jettent dans cette rivière et à peu près tous charrient de l'or dans leurs sables. Mais c'est surtout les alluvions de la rivière « Clutha » qui sont exploitées. Une des principales exploitations alluvionnaires de ce bassin est la « Blue Spur » située environ à 60 *km* de la mer; la masse exploitable paraît immense, elle est composée de débris plus ou

moins roulés de toutes grosseurs, c'est-à-dire variant de l'extrême finesse à plusieurs mètres cubes ; la teneur moyenne n'est que de 0,5 *g* ou 1,50 *f* par « load » (le load étant d'environ une tonne). Les frais d'exploitation s'élevant à 1,10 *f* par « load » ; le travail est rémunérateur cependant. D'après la configuration de ce district on voit qu'il s'est pratiqué dans les micaschistes, à une époque reculée, une cassure de grande dimension formant une sorte de repli dans lequel les eaux ont accumulé les alluvions aurifères, dont les assises superposées ont fini par combler entièrement la cassure. On peut estimer à 35 *m* la hauteur de ces alluvions et leur largeur à 200 *m* ; quant à leur longueur en direction, on ne la connaît pas encore, car on a commencé l'enlèvement des alluvions à partir d'une des extrémités du dépôt, celle qui débouche dans la plaine. Ce gisement est exploité depuis déjà fort longtemps et, à en juger par la hauteur de la « face » qu'on abat, on peut penser qu'il faudra encore de longues années avant d'arriver à l'épuisement du dépôt. Ici, comme en Californie, on abat les masses alluvionnaires à l'aide de jets d'eau puissants, lesquels, une fois réglés, travaillent seuls pendant des heures entières, de façon que la main-d'œuvre est à peu près insignifiante ; les débris ainsi détachés de la face sont entraînés par l'eau dans les sluices et il ne reste sur le fond de micaschiste que les gros blocs. Les sluices ont ici plusieurs centaines de pieds de longueur, ils reposent sur l'ancien seuil de micaschiste. A leur partie supérieure, les sluices, sur une longueur de 50 pieds, portent, de distance en distance, sur leurs fonds, des arrêts (rifles) perpendiculaires au courant d'eau et formés de vieux rails, de manière que l'or en paillettes soit arrêté. Plus loin, le fond des sluices est simplement formé d'une série de galets plats dans les interstices desquels se dépose l'or fin. La pente générale du sluice est plus grande vers la tête que dans le bas. On nettoie tous les quinze jours la partie supérieure contenant les paillettes, tandis que le nettoyage de la partie inférieure du sluice se fait bien plus rarement : le mercure n'est pas employé ici. Le principal travail du mineur est de retirer du sluice, à l'aide de crochets de fer, les pierres trop grosses pour être entraînées par le courant. On voit que cette installation diffère un peu de celle de Californie.

Les alluvions ainsi entraînées par les eaux ont fini par s'accumuler un peu plus bas et sont devenues un grand obstacle pour l'exploitation des parties supérieures.

On est donc arrivé actuellement à se débarrasser des débris lavés en les élevant au moyen de courants d'eau puissants qui circulent de bas en haut dans des tuyaux de grand diamètre. Ces tuyaux plongent à leur partie inférieure dans ces débris et les entraînent par un phénomène analogue à celui qui se passe dans l'appareil Giffard, sur des sluices secondaires qui les emportent loin en aval avec le courant d'eau ; ce second système de sluice, établi sur des chevalements de bois, permet encore de recueillir le peu d'or qui a échappé au premier lavage.

L'or que l'on trouve dans cette exploitation est très pur et vaut environ 3,30 *f* le gramme. Il est en paillettes légères.

Exploitation de l'or dans le lit de la rivière « Clutha ».

En dehors des quelques mines exploitées comme nous venons de le dire, nous signalerons l'exploitation par dragues flottantes des galets et sables charriés par la rivière Clutha : dans ce cours d'eau, l'or se concentre constamment et l'on n'a pas constaté, depuis plus de vingt ans, de diminution sensible dans les teneurs ; d'ailleurs, on ne peut mieux comparer cette rivière qu'à un immense sluice alimenté naturellement de sables aurifères par les divers cours d'eau qui viennent s'y jeter ; ce fait s'explique lorsqu'on examine la constitution géologique du pays qui comporte surtout des micaschistes friables, arénacés, recouverts d'une maigre végétation et remplis de petits filons de quartz aurifère. Tous les débris de ces micaschistes ne cessent de descendre, entraînés par les fortes pluies. On détourne les cours d'eau secondaires pour exploiter avec plus de facilité les sables de leurs lits ; mais quant à la rivière principale, la « Clutha », on ne peut l'exploiter qu'en draguant les sables de son lit ; c'est un cours d'eau très rapide et profondément encaissé entre ses berges. Ces conditions rendent le dragage lent. Cependant, sur une longueur de 150 *km* environ on voit fonctionner régulièrement les bateaux dragueurs ; ceux-ci sont en bois qui résiste mieux que le fer au choc des galets roulés par les eaux, aussi bien qu'au choc, contre les bas-fonds rocheux, qui se produisent souvent lorsque la drague est changée de position. Ces dragues se composent, pour la plupart, d'un mécanisme très simple : un moteur commande une chaîne à godet qui élève les graviers et les déverse sur un « sluice » de 4 à 5 *m* de longueur dont le fond est garni

d'une série d'alvéoles dans lesquelles l'or se dépose. Cette manière primitive de séparer l'or donne environ 50 0/0 de perte, et depuis quelque temps on l'a améliorée en faisant d'abord passer les graviers dans un trommel qui sépare les éléments trop gros pendant que le reste tombe sur deux sluices disposés à droite et à gauche du trommel ; dans ce cas, les fonds des sluices sont beaucoup plus larges et garnis de couvertures de laines sur lesquelles l'or se dépose. Grâce à ces perfectionnements la perte en or est beaucoup moins sensible. Le combustible employé est un lignite qu'on trouve dans le pays en couches nombreuses facilement exploitables. Lorsque les dragues sont à portée de ce combustible, il revient à 6 ou 7 *f* la tonne, mais, sur de nombreux points, la rivière Clutha n'ayant pas ses berges desservies par suite du manque de chemins de communication, les dragues ne peuvent être mues par la vapeur avec économie, on se sert alors de la force électrique dérivée d'usines installées sur des chutes d'eau captées dans les montagnes voisines. — Les frais d'exploitation varient de 300 à 700 *f* par semaine et par drague, suivant l'importance de celle-ci ; cinq hommes suffisent à la manœuvre et il n'est pas rare de voir la production d'or s'élever dans une semaine à 2 000 ou 3 000 *f*, surtout dans la partie de la rivière située entre les villes d'Alexander et de Clyde. Comme ces dragues coûtent, au plus, 100 000 *f*, on voit qu'elles sont ici d'un excellent rapport.

Les filons de quartz d'où provient cet or sont généralement trop minces pour être exploités en place, mais ils sont très nombreux et parfaitement stratifiés avec les micaschistes ; cependant il y a quelques exceptions où l'on voit le quartz devenir plus épais et former des lentilles assez puissantes pour permettre une exploitation économique ; tel est le cas de la mine « Achilles » qui est le type du genre.

Nous terminerons ici le succinct exposé des mines d'or de la Nouvelle-Zélande ; nous le résumerons toutefois en disant que le précieux métal se montre dans ce pays à trois âges géologiques différents : 1° dans les terrains les plus anciens, c'est-à-dire dans les micaschistes de la côte est de l'île du sud ; 2° dans les schistes d'époque géologique secondaire de la côte ouest de l'île du Sud ; 3° dans les « andésites » volcaniques relativement récentes de l'île du Nord. Ces faits montrent, une fois de plus, que les mines d'or sont presque indépendantes de l'âge des terrains qui les renferment. Les zones aurifères dont nous venons de parler,

sont respectivement très étendues, et je n'arriverais pas à épuiser la question si je voulais citer tous les points où l'or a été signalé. Pourtant, au point de vue industriel, toutes ces mines sont d'une pauvreté relative ; elles ne semblent donc pas devoir donner lieu à des placements de capitaux avantageux.

Métaux autres que l'or.

En dehors des sables d'oxydules de fer, très abondants, dont nous avons parlé et qui sont d'un traitement très difficile, nous n'avons pu rencontrer aucun gîte métallique exploitable. Il y a, toutefois, dans le district de Nelson des amas de cuivre pyriteux associés à de la serpentine, mais ils sont peu importants : en second lieu, au nord de Wellington, on rencontre un filon, stratifié dans des schistes et des grès durs qui contient une pyrite de cuivre qui n'a pas, selon nous, été suffisamment exploré en profondeur, il y aurait lieu d'y poursuivre des travaux de recherches. Le « fer chromé » dans la serpentine se présente parfois avec une certaine abondance, mais il n'est pas exploité régulièrement. Enfin, l'on trouve dans l'île de « Waikare » près d'Auckland, des minerais de manganèse dont quelques chargements ont été envoyés en Europe pour la fabrication des ferro-manganèse ; les frais de transport sont malheureusement trop élevés pour qu'on puisse en ce moment exploiter ce minerai.

Dépôts de soufre.

Le soufre natif est d'une grande abondance dans l'île du Nord; les dépôts qu'il y forme s'accroissent chaque jour, car ils ont pour origine les vapeurs de soufre qui sortent du sol, avec abondance, par de nombreuses crevasses. Les environs de « Rotorua » ; « l'île blanche » sur le littoral de la baie d'Abondance, sont surtout remarquables par ce genre de gisements.

L'exploitation de ce soufre est limitée aux besoins de deux ou trois petites fabriques d'acide sulfurique installées dans le pays.

Gisements de combustibles minéraux.

La Nouvelle-Zélande est très favorisée sous le rapport des combustibles minéraux, dont les gisements se rencontrent un peu partout avec abondance ; mais ce sont en général des tourbes et des

lignites d'un pouvoir calorifique assez faible, et c'est seulement dans le district de la « West Coast », dont nous avons déjà étudié les gisements d'or, que l'on a rencontré des houilles méritant ce nom. (Carte 5 et 6.)

Au point de vue géologique, on aurait ici : à la base, le *granite;* au-dessus, les schistes aurifères, que l'on suppose être de l'âge carbonifère, et enfin au-dessus le *crétacé*, avec gres et conglomérats correspondant à l'horizon du gault et du grès vert (crétacé supérieur). Les houilles de ce district sont, depuis peu, activement exploitées à cause de leur qualité supérieure : elles alimentent 27 usines à gaz du pays, dont quelques-unes très importantes. Ce n'est que par suite du manque de capitaux, pour créer des débouchés à l'extérieur, que l'exploitation de ces mines est encore très restreinte. Cependant les gisements sont bien connus des Compagnies de navigation à vapeur du Pacifique, qui les emploient de préférence aux charbons d'Australie, et il n'est pas douteux que, lorsque d'importants échanges commerciaux seront organisés entre la côte occidentale de l'Amérique et la Nouvelle-Zélande, ces houilles n'aillent y faire concurrence, avec succès, aux charbons inférieurs du Japon ou même du Tonkin.

Ces houilles se présentent généralement en couches puissantes, atteignant 20 pieds d'épaisseur; elles sont à peu près horizontales et affleurent dans certains cas au bord de la mer, à des altitudes atteignant 500 *m*, pendant que des sondages les ont reconnues vers l'intérieur, sur plusieurs kilomètres de longueur. Comme l'inclinaison très faible de ces couches est habituellement du côté de la mer, on peut les exploiter par galeries d'écoulement; comme d'autre part, des chemins de fer établis par l'État, passent au pied de ces mines, le long de la mer, et qu'enfin, des ports, facilement accessibles, sont à une faible distance, il est permis de conclure que ce district est appelé à un grand avenir.

La qualité de ce charbon est légèrement variable, suivant les couches; celles qu'on trouve à la base de la formation, donnent du coke, lequel est exclusivement employé par les fondeurs du pays, ainsi que par ceux d'Australie qui l'utilisent de plus en plus.

Nous avons fait essayer la houille sur des échantillons que nous avions ramassés au hasard dans les couches supérieures, c'est-à-dire dans celles qui comportent le charbon le plus gazeux, et nous avons obtenu les résultats suivants, après dessiccation à 100° :

Matières volatiles.	36,90 0/0
Coke	61,00
Cendres.	2,10
TOTAL	100,00 0/0

Le pouvoir calorifique était de 5 991 calories.

La figure 5, donne le plan de la côte ouest où se rencontrent les couches de houille, et la figure 6, la coupe de la couche de houille supérieure qui vient affleurer au-dessus de la ligne du chemin de fer.

Ce n'est pas le lieu de parler ici des ressources agricoles de ce groupe d'îles, nous signalerons seulement que l'agriculture nuit parfois aux développements industriels, car l'habitant tourne plutôt toute son activité du côté de l'élevage, et délaisse volontiers les travaux trop pénibles qu'exigent la découverte et la mise en œuvre de nouvelles ressources minérales, pour se livrer à la simple exploitation des grandes plaines fertiles de l'île du Sud. Il y a ici, dans l'agriculture, des sources de richesses et de bien-être qui attirent, et l'on ne saurait séjourner dans ce pays, sans déplorer que les Français, qui en furent les premiers colons, ne surent s'y maintenir.

En terminant, nous croyons qu'il est de notre devoir de présenter nos sincères remerciements, d'abord aux personnalités de Paris qui nous ont fourni les moyens d'exécuter ce voyage et, en second lieu, à M. le comte de Jouffroy d'Abbans, consul de France à Wellington, qui ne cessa de nous faciliter nos études, soit en nous présentant aux plus hautes autorités du gouvernement local, soit en nous faisant profiter de la grande expérience qu'il a acquise par dix années de séjour dans ce pays.

Nous pensions entretenir aujourd'hui la Société de notre voyage en Australie Occidentale, où nous nous rendimes en quittant Auckland. Comme nous y retournons à la fin de ce mois, en compagnie de M. Jules Garnier, nous demanderons de réserver pour notre retour, cette communication sur l'Australie Occidentale.

LE

CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

PAR

M. P. F. LE ROY.

Le chauffage et la cuisine par courant électrique sont des questions encore tellement nouvelles qu'au moment de vous présenter un système permettant, croyons-nous, de les faire pénétrer dans la pratique journalière, il nous a paru nécessaire d'entrer dans certains développements.

Conditions générales.

De tout temps, la question du chauffage s'est présentée comme un des problèmes les plus intéressants à résoudre.

L'humanité, a un impérieux besoin du feu, tant pour la cuisson des aliments que pour lutter contre le froid. Aussi chaque jour a-t-il vu paraître des appareils nouveaux qui, tous, devaient enfin donner à leurs usages la satisfaction toujours espérée.

Mais, cheminées à système, fourneaux de toutes formes, poêles à combustion lente, voire même calorifères à air chaud ou à vapeur n'ont malheureusement pas toujours tenu les promesses de leurs inventeurs.

Jusqu'ici, en effet, la chaleur a toujours été demandée à la combustion du bois ou du charbon, même en passant par l'intermédiaire du gaz, dont nous n'aurions garde de ne pas parler, puisque son usage réalise déjà un sérieux perfectionnement.

Or, le bois comme le charbon ne peuvent brûler qu'avec un dégagement de fumée et de gaz délétères, dont il est indispensable de se débarrasser.

De là, nécessité d'assurer à tout foyer un tirage par lequel, naturellement, ne peut manquer de s'échapper également la plus notable partie de la chaleur.

Pour le bois, par exemple, on estime que l'on ne retire guère plus de 2,5 0/0 de la chaleur produite. Combien peu économique

apparaît donc un pareil système, quand on compare la quantité de chaleur perdue à celle qui, seule, peut être utilisée.

D'autre part, les inconvénients, voire même les dangers de ces modes de chauffage sont trop nombreux et trop connus de chacun pour qu'il soit utile d'entrer dans de longs développements à ce sujet.

Il faut se débarrasser des cendres et des escarbilles, songer au ramonage des cheminées, s'occuper des lieux de dépôt pour emmagasiner le combustible, le monter dans les appartements et enfin surveiller avec soin ses foyers pour éviter les causes d'incendie.

Avec le gaz, les inconvénients sont moins nombreux, et, comme l'on est maître de son feu, il n'y a plus à tenir compte des pertes de combustible, avant ou après le moment où l'on en fait usage.

Mais, s'il est plus aisé de régler la dépense du gaz que celle du bois et du charbon, la perte de chaleur dans les fourneaux à gaz est encore considérable.

Une grande partie, en effet, s'échappe d'une façon continue avec les produits de la combustion dans les cheminées, et on estime que cette perte, dans les cas les plus favorables d'utilisation, n'est pas inférieure aux 60 0/0 de la chaleur produite.

Le gaz d'éclairage a de plus contre lui les dégagements de gaz viciant l'air, donnant naissance à des dépôts de buée humide qui altèrent les papiers de tenture, les couleurs, les dorures lorsque le départ de ceux-ci n'est pas ou est insuffisamment assuré.

Enfin, rappelons encore les chances d'incendie, d'explosion ou d'asphyxie, résultant de la moindre négligence dans la manœuvre des appareils.

Reste un dernier inconvénient qui, bien que plus théorique, n'a pas moins sa grande importance.

Avec tous les systèmes dont nous venons de parler, il est impossible de doser d'une façon certaine, la quantité de combustible nécessaire pour obtenir un chauffage déterminé.

Avec les causes multiples de déperdition qui existent, ce n'est jamais que très approximativement que l'on peut évaluer la dépense à prévoir pour une installation de chauffage.

Quel serait donc l'idéal de chauffage à atteindre ?

Il faudrait pouvoir obtenir un foyer rayonnant à l'air libre, sans dégagement de fumée ou de gaz sans nécessité de recourir à un tirage quelconque et, par conséquent, sans perte aucune de la chaleur produite.

Seule, l'utilisation du courant électrique pouvait conduire à une solution aussi complète, et que rend naturellement pratique la multiplicité des stations centrales d'électricité.

Car, question de dépense à part, les avantages qu'offre l'emploi de l'électricité sur tous les autres modes de chauffage sont aussi nombreux qu'indiscutables, et ils répondent entièrement au problème qui a été posé plus haut :

Absence totale de fumée, d'odeur, de toute malpropreté;

Chaleur plus également répartie, et utilisation de tout le calorique produit, puisqu'il n'est plus question d'aucun échappement;

Réglage mathématique de la quantité de chaleur à produire;

Enfin, sécurité absolue, avec une installation bien faite, par la suppression de toute crainte d'incendie ou d'asphyxie ;

Économie de temps et de travail.

Malheureusement, jusqu'à ce jour, tous les appareils offerts au public ne répondent, croyons-nous, qu'imparfaitement aux besoins de la vie courante.

Actuellement le chauffage par l'électricité s'obtient en faisant passer l'énergie électrique à travers de minces fils métalliques, offrant une grande résistance au courant, de telle sorte que ces fils s'échauffent et, par radiation, transmettent la chaleur qu'ils dégagent.

Les appareils ainsi construits présentent, dans la pratique, de nombreux inconvénients.

Ces résistances de section infiniment faible et de très grande longueur, se déforment par le passage du courant, et s'oxydent au contact de l'air; il faut donc les enfermer dans une pâte isolante qui les protège.

La chaleur se transmet des fils incandescents à la matière isolante qui les renferme, puis enfin, à la surface métallique constituant l'appareil même : casserole, bouilloire, radiateurs, ou autres objets.

Cela oblige à renfermer dans l'appareil même le foyer.

Au point de vue des usages domestiques c'est donc toute une batterie de cuisine nouvelle qu'il faut acheter, et à laquelle il faut habituer son personnel.

Le chauffage des appartements n'est obtenu que par des plaques radiantes qui se prêtent mal à la décoration des pièces, et sont toujours, bien que chauffantes, d'un aspect froid, restant loin de

donner entière satisfaction à l'œil et à l'imagination de ceux qui s'en servent.

Au point de vue pratique, ces appareils, sont, par leur construction même, sujets à prompte détérioration.

Quelques variations de voltage dans la distribution du courant électrique et les fils s'échauffent anormalement.

Par suite des différences considérables entre les coefficients de dilatation du métal et des isolants silicatés qui le renferment, il y a rupture de l'un ou de l'autre, et, en peu de temps l'appareil est hors d'usage. Les réparations sont coûteuses et difficiles.

But de mes recherches.

Lorsque j'ai voulu étudier cette question du chauffage électrique, je me suis proposé un double but :

1° Construire des appareils simples et commodes pouvant, pour les usages domestiques, permettre l'emploi de tous les ustensiles actuellement en service, casseroles, bouillottes, poêles, fers à repasser, etc., de façon à ne rien changer aux habitudes de notre personnel de ménage.

2° Je pensais en outre que certaines propriétés du corps constituant la résistance n'étaient pas quantités négligeables pour le choix de la matière devant former cette résistance.

Exposé du système.

Pour résoudre le premier point, il fallait trouver un corps simple ou un composé ayant une résistance spécifique ou résistivité considérable.

En effet, pour construire des fourneaux à peu près analogues à ceux que l'on construit pour le gaz, il fallait créer de petits éléments portatifs et isolés, capables de s'intercaler dans des trous de fourneaux de 150 à 200 *mm* de diamètre.

Ces éléments, remplaçant les rampes à gaz, par quantités de 1, 2, 3, 4, suivant la température à obtenir ou la rapidité de l'opération, devaient pouvoir être facilement échangés contre d'autres, lorsqu'il y aurait usure ou détérioration, exactement comme lorsqu'on opère le changement d'une lampe incandescente.

Enfin, le foyer à feu visible me semblait devoir être, tout au moins pour le chauffage des appartements, une des conditions de confort, d'agrément et, par suite, de succès.

C'est cet élément isolé et portatif que nous avons appelé la *bûche électrique*.

De tous les corps ou composés que j'ai successivement étudiés, le *silicium cristallisé* ou *graphitoïde* me semble, seul, devoir donner les résultats attendus.

Il n'entre pas dans le cadre de cette étude que je décrive les procédés de fabrication du silicium cristallisé.

Toutefois, je puis affirmer que si, tout d'abord, cette fabrication était restée à l'état de manipulations de laboratoire, elle est aujourd'hui devenue pratique, industrielle, grâce aux conseils de M. le Professeur Troost, dont la bienveillance s'est toujours trouvée si prête à guider mes recherches que je ne saurai jamais lui en témoigner suffisamment ma profonde reconnaissance.

C'est, en effet, à son aimable obligeance que j'ai dû de pouvoir préparer dans son laboratoire de grandes quantités de ce corps à un prix de revient relativement peu élevé.

Dans une note que M. Troost a bien voulu présenter à l'Académie des Sciences, dans la séance du 17 janvier dernier, j'avais relaté ainsi les propriétés de résistivité du silicium.

Résistance spécifique ou résistivité du silicium.

Le coefficient de résistance spécifique du silicium n'a pas été déterminé jusqu'à ce jour; il est, en effet, assez difficile à fixer rigoureusement.

Il résulte de mes expériences personnelles que ce coefficient varie dans de très grandes proportions avec les trois facteurs :

Pulvérisation;
Compression;
Cuisson.

En ce qui concerne les deux premiers facteurs, les recherches de M. Branly donnent à cet égard toutes indications.

Quoi qu'il en soit, il est facile d'obtenir des bâtons de silicium aggloméré pur, ayant 40 *mm* de section, une longueur de 10 *cm* et présentant une résistance totale de 25 à 200 ohms, suivant que l'on fait varier dans une proportion déterminée l'un ou l'autre des trois facteurs précédents.

Comparaison avec la résistance des autres corps.

Si nous cherchons à comparer quelles seraient les résistances de trois bâtons ayant tous 40 mm^2 de section et 40 cm de long et de composition différente :

L'un en silicium;
L'autre en charbon à lumière;
L'autre en maillechort;

nous trouvons :

Silicium.				R = 200	ohms, soit	200 000 000 microhms
Charbon à lumière.	Coefficient R = 0,006	ohmcm	R =	0,15	ohms, soit	150 000 microhms
Maillechort.	Coefficient R = 0,000054	ohmcm	R =	0,00085	ohms, soit	350 microhms

Il s'ensuit que, pour cet exemple donné, le coefficient de résistivité du silicium cristallisé serait :

1 333 fois plus fort que celui du charbon lumière,
235 294 — — maillechort.

En reprenant, au point de vue électrique, le problème sous une autre face, il s'ensuit que, pour construire, avec les trois matières précédentes, une résistance identique de 200 ohms, il faudrait donner à chacune les dimensions suivantes :

Silicium		S = 40	mm^2			L = 0,10 m	P = 10	g
Charbon à lumière	d = 1,95	S = 0,03	mm^2	D = 0,19	mm	L = 0,10 m	P = 0,0057	g
Maillechort	d = 8,62	S = 0,007854	mm^2	D = 0,1	mm	L = 4,62 m	P = 0,3127	g

Vous voyez, Messieurs, par ces chiffres, combien sont intéressantes les propriétés électriques du silicium et combien nombreuses peuvent en être les applications en dehors du chauffage électrique.

Dans ce dernier tableau, nous avons comparé les résistances à froid des différents corps employés.

Mais la résistance à chaud varie avec la nature même de ces corps et avec les températures auxquelles ils sont portés.

Pour les métaux, par exemple, nous voyons que la résistance augmente avec la température d'après la formule empirique de Mathiessen :

$$R = R_0 (1 + a\theta \pm b\theta^2).$$

Pour les crayons en charbon, nous n'avons aucunes données certaines.

Nous croyons toutefois que, pour un filament de lampe incandescente porté à une température de 1 800 degrés, la résistance à chaud est d'environ 0,50 à 0,60 moindre de ce qu'elle était à froid.

De nos expériences, il résulte que la résistance du silicium à chaud décroit ainsi que celle du charbon.

Pour la température de 300 degrés à laquelle sont portés nos charbons, nous trouvons :

R à froid = 200 ohms $R_{800} = \frac{E}{I} = \frac{100}{0,8} = 125$ Rapport = 0,625

R — = 180 — = $\frac{95}{0,8}$ = 118 — = 0,655

R — = 37 — = $\frac{47,5}{2}$ = 23,75 — = 0,641

R — = 30 — = $\frac{46}{2,5}$ = 18 — = 0,613

Il en résulte que, pour une température de 800 degrés, la résistance décroit d'environ 35 0/0 à 40 0/0.

Le premier des problèmes que nous nous étions posé semblait donc résolu.

Au point de vue d'une utilisation pratique, nous pourrons constituer des résistances de grande section et de petite longueur, capables de s'intercaler en dérivation par quantités de 1, 2, 3, 4, dans des foyers analogues à ceux des fourneaux à gaz.

Quant au second problème, il nous restait à vérifier si le corps ainsi trouvé possédait, mieux que tout autre, les qualités propres au développement de la chaleur et, par suite, donnait, autant que faire se peut, le maximum d'effet utile.

Si l'on fait passer un courant électrique à travers une résistance, l'énergie se transforme en chaleur, suivant la loi de Joule.

$$Q = \frac{RI^2}{9,81 \times 424}.$$

En examinant, au pied de la lettre s'entend, cette formule, il semblerait en résulter qu'il importe peu de choisir la matière dont cette résistance doit être formée; que, quelles que soient ses qualités physiques, électriques ou autres, résistivité, pouvoir

émissif, etc., cela n'avait nulle influence sur le résultat final à obtenir.

Nous avons pensé qu'il n'en était pas ainsi, et que, en dehors de tout rendement dû à la construction mécanique et propre, pour ainsi dire, à chaque série d'appareil, et même à chaque appareil, suivant sa construction plus ou moins perfectionnée, il y avait intérêt à construire théoriquement la résistance propre au chauffage en telle ou telle matière plutôt qu'en telle autre.

Ceci étant posé, nous avons recherché quelles pouvaient être les règles générales nous donnant les meilleures conditions de fonctionnement de la résistance, quelles devaient être ses propriétés physiques appelées à jouer un rôle et, par suite, à en déterminer le choix.

Nous nous sommes inspirés, à cet égard, des travaux de MM. Weber, Desroziers et Voit.

Ces travaux ont trait, il est vrai, à l'étude de la lampe à incandescence.

Nous avons cru, toutefois, que certaines déductions pourraient en être utilement appliquées à l'étude du chauffage par l'électricité.

M. Paul Janet, dans son cours professé à la Faculté des Sciences de Grenoble, relate ainsi ces travaux :

La puissance dépensée dans un conducteur est :

$$W = EI = RI^2 = \frac{E^2}{R}.$$

Cette puissance est entièrement transformée en chaleur et fournit une énergie rayonnante tout autour de la lampe.

Si K est la quantité d'énergie rayonnante en une seconde par centimètre carré de la surface du conducteur, si la surface latérale du charbon est Scm^2, l'énergie totale rayonnée sera KS.

D'où l'équation fondamentale :

$$\frac{W}{J} = KS.$$

J est l'équivalent mécanique de la chaleur; toute l'énergie apportée par le courant se répand donc en énergie rayonnante.

La quantité K, définie précédemment, prend le nom de pouvoir émissif absolu de la substance considérée.

Pour que le régime reste constant il faut que, à chaque ins-

tant, le conducteur, en vertu de son pouvoir émissif, rayonne autant de chaleur qu'il en reçoit.

Nous devrons donc avoir :

$$\frac{EI}{J} = \frac{RI^2}{J} = KS.$$

Mais, de cette énergie totale, une partie seulement est utilisée sous forme d'énergie lumineuse; l'autre, et c'est la plus grande partie, n'apparaît que sous forme de chaleur.

Si nous appelons L la quantité d'énergie utilisée sous forme d'énergie lumineuse et M celle utilisée sous forme de chaleur, nous aurons :

$$\frac{RI^2}{J} = KS = L^{\text{lumière}} + M^{\text{chaleur}},$$

d'où :

$$M = KS - L.$$

Pour que M soit maximum, il faut évidemment que KS soit maximum et L minimum.

Étudier ces deux quantités, c'est, par suite, étudier M.

A priori, il semble qu'il n'y aurait qu'à faire L = 0, c'est-à-dire à calculer la section et la résistance R du corps, pour que le passage du courant ne détermine aucuns rayons lumineux, ou, ce qui revient au même, qu'il suffirait de ne porter la matière qu'à une température quelconque au-dessous de 525° pour qu'immédiatement on recueille de suite le maximum d'effet utile et que l'on ait, par suite :

$$M = \frac{RI^2}{J} = KS.$$

Nous ne croyons pas qu'il en soit ainsi. Ce sont les deux termes considérés dans leur ensemble, ou plutôt leur différence qu'il faut rendre maxima.

Il est donc nécessaire d'étudier les deux termes KS et L.

Il résulte des recherches du professeur Weber que le pouvoir émissif absolu est représenté en fonction de la température absolue (la température absolue étant égale à la température ordinaire plus 273°), par la formule :

$$K = CTe^{aT}.$$

Le terme e^{aT} n'est fonction que de la température, a étant une constante égale pour tous les corps et e la base des logarithmes népériens.

C varie d'un corps à l'autre.

M. Weber donne pour valeur de cette constante :

0,000013 pour le charbon gris ou graphite.

0,000017 pour le charbon noir ou amorphe.

Cette constante est donc fonction du pouvoir rayonnant ou pouvoir émissif.

Elle sera d'autant plus faible que ce pouvoir rayonnant sera lui-même plus faible.

Melloni, la Provostaye, Desains ont expérimentalement dressé des tables donnant les pouvoirs rayonnants de différents corps. Rappelons que s'il a été fixé à 100 pour le noir de fumée pris comme unité, il s'abaisse à 25 pour les métaux, et même beaucoup plus bas souvent, puisqu'il n'est plus que de 9 pour le laiton laminé et 2 pour l'argent poli.

Pour rendre $KS = CTe^{\alpha T}S$ maximum, il faudrait donc rendre maximum chacun de ses termes :

La surface,
La température
et la constante dépendant du pouvoir rayonnant.

Si nous passons au second terme de l'équation L, les expériences de Voit, Desroziers, Weber, démontrent que cette quantité peut s'exprimer à l'aide d'équations de la forme :

$$L = QW^3,$$
$$L = \alpha Q + \beta Q^2,$$
$$L = \alpha' Q + \beta' Q^3.$$

Adoptons la formule de Woit comme étant la plus simple.

La valeur de Q a été donnée par Weber et peut s'exprimer ainsi :

$$Q = \frac{6.8 \cdot 10^{-15}}{C^2 S^2}.$$

Comme dans le terme précédent, S est la surface latérale du charbon, C le coefficient dépendant du pouvoir rayonnant du corps.

On voit donc que pour rendre QW^3 le plus petit possible, pour une même quantité d'énergie, il faut rendre C^2S^2 le plus grand possible ; c'est-à-dire, donner à la résistance la plus grande surface possible et la constituer avec un corps dont le pouvoir rayonnant soit le plus grand possible.

Mais, s'il y a intérêt à élever le plus possible la température, il est certain que, dans le cas particulier qui nous occupe, celui du chauffage, la loi ne doit être vraie que jusqu'à une certaine limite, tout corps n'émettant des rayons lumineux qu'à partir d'une certaine température.

Il y aurait donc avantage à élever la résistance au moins à cette température.

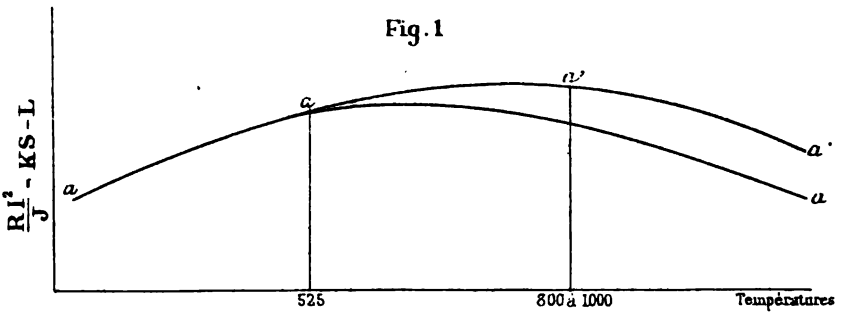
D'après Pouillet :

Le rouge naissant	correspond	à une	température	de . 525°
— sombre	—	—		. 700°
Le cerise naissant	—	—		. 800°
— clair	—	—		. 1 000°

Si nous essayons de construire la courbe $KS - L = \frac{RI^2}{S}$ aux différentes températures, il semblerait que cette courbe doive aller en progressant jusqu'à la température correspondant aux premiers rayons lumineux émis, pour ensuite redescendre à mesure que la température augmente.

Nous ne croyons pas qu'il en soit tout à fait ainsi et que le point culminant de la courbe (KS — L), doit avoir lieu à une température bien supérieure à celle où les premiers rayons lumineux commencent à apparaître, c'est-à-dire que la courbe affecterait la forme *aaa' (fig. 1.)*

Fig. 1



MM. Voit, Desroziers, Weber ont déduit la valeur L d'une série d'expériences photographiques, mais pour des températures dépassant de beaucoup celles que nous devons obtenir.

Mais il serait possible, et nous regrettons de n'avoir pas eu le temps de le faire jusqu'à ce jour, de faire ces expériences photométriques pour les températures pour lesquelles les premiers

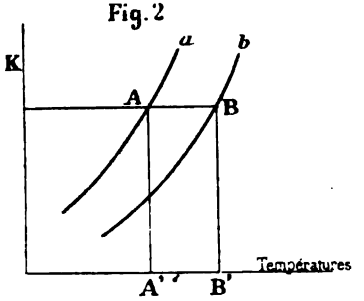
rayons lumineux commencent à apparaître et à prendre une certaine valeur.

Considérons maintenant deux corps de pouvoir rayonnant différents.

M. Janet a démontré dans son cours, en étudiant le terme KS que, si la valeur du pouvoir émissif absolu est exacte, le rapport des pouvoirs émissifs de deux corps à une même température est constant et indépendant de la température.

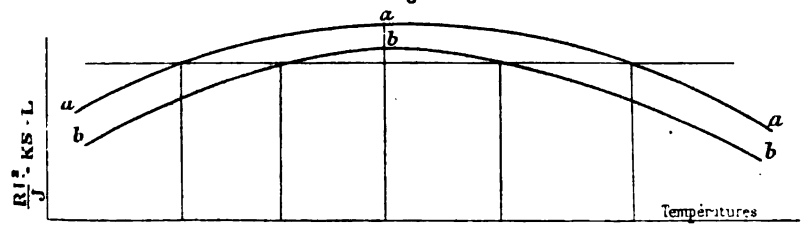
En d'autres termes, étant donné une courbe *a (fig. 2)* représentant le pouvoir émissif d'un corps en fonction de la température, on en déduirait la courbe représentant le pouvoir émissif d'un corps *b* par une simple réduction proportionnelle de toutes les ordonnées.

Fig. 2



Ces courbes allant toujours en croissant avec les températures, on en déduit qu'à égalité d'énergie dépensée, c'est le corps qui a le pouvoir émissif le plus faible qui atteint la température la plus élevée. C'est, au reste, la théorie de construction des lampes incandescentes. Si nous construisons, de même, deux courbes *ab* représentant des corps de pouvoir rayonnant différents, nous voyons qu'il en sera de même tant que le point culminant de la courbe ne sera pas atteint, c'est-à-dire que, pour une même valeur de M, c'est le corps qui aura le pouvoir émissif le plus faible qui atteindra la température la plus élevée *(fig. 3)*.

Fig. 3



Au point culminant de la courbe, c'est le corps qui a le pouvoir émissif le plus faible qui, pour une même température, donne la plus petite valeur de chaleur rayonnée.

Qu'enfin, après ce point, c'est le corps qui a le pouvoir émissif le plus grand, qui atteint la plus haute température pour une même quantité de chaleur rayonnée ou, ce qui revient au même, qu'à température égale, c'est le corps qui a le pouvoir émissif le plus grand qui donne la plus grande chaleur rayonnée.

Notons que ceci est vrai, quelle que soit la température pour laquelle la courbe a son point maximum.

On voit donc combien il est avantageux dans la construction des appareils de chauffage par l'électricité de se rapprocher autant que possible de la température pour laquelle la courbe atteint son ordonnée maxima et de construire ces résistances avec des matières de grand pouvoir rayonnant; enfin de donner à ces résistances mêmes la plus grande surface possible.

Examinons si ces conditions sont le plus souvent remplies dans les résistances destinées au chauffage constituées par des fils métalliques.

En ce qui concerne la surface, prenons le cas d'une bouilloire dépensant 4 ampères sous 110 volts.

Nous trouvons pour surface de la résistance 143 cm^2 et pour poids 14 g.

Prenons le cas d'un de nos fourneaux dépensant également environ 400 watts et constitvé par 4 bûches.

Nous trouvons :

$$S = 144\ cm^2\ P = 32\ g.$$

Pour ce premier facteur nous trouvons donc entre les deux systèmes à peu près égalité.

Il n'en est pas de même pour les autres.

Dans les appareils à résistance métallique l'on ne peut, pour éviter les craquelures qui forcément se produiraient entre le métal et l'isolant qui l'entoure, dépasser la température de 300° et le plus souvent même les appareils sont construits pour une température de 200°.

Dans nos bûches, au contraire, comme il n'y a aucun point de contact entre l'isolant qui les protège des influences extérieures et le corps formant la résistance lui-même, nous pouvons amener celui-ci à la température limite, c'est-à-dire, à celle qui semble la plus favorable à la diffusion de la chaleur.

Enfin en ce qui concerne le pouvoir rayonnant du corps lui-même, il nous paraît inutile de rappeler que les métaux sont à cet égard dans les plus mauvaises conditions possibles.

Leur choix, pour former une résistance destinée au chauffage nous semble donc absolument irrationnel.

Pourtant, à un petit point de vue, on trouverait aux résistances métalliques un certain avantage, c'est celui de la plus grande rapidité qu'a cette résistance d'atteindre son régime normal de marche.

Soit P le poids de la résistance;

C sa chaleur spécifique;

T sa température absolue.

Q exprime en calories la quantité de chaleur nécessaire pour porter le corps formant la résistance à la température T.

Nous avons :

$$Q = PcT.$$

Comme la résistance doit se maintenir à la température T elle contient toujours la quantité de chaleur Q, et il faut lui fournir par unité de temps t, pour compenser l'énergie qu'elle perd par rayonnement, une quantité de chaleur de mQ.

Nous pouvons exprimer cette valeur de mQ en fonction de W énergie électrique à fournir par seconde à la résistance, pour que le régime normal soit rétabli.

Soit J l'équivalent mécanique de la chaleur, g l'accélération de la pesanteur.

On a :
$$\frac{mQ}{t} = \frac{mPcT}{t} = \frac{1}{g}\frac{W}{J}$$

ou :
$$\frac{T}{t} = \frac{1}{gJm} \times \frac{W}{Pc}$$

équation qui exprime l'accroissement de la température pendant l'unité de temps.

Autrement dit : avec la quantité d'énergie W, il faut un temps t pour atteindre la température T.

Cette formule montre que le temps t est directement proportionnel au poids et à la chaleur spécifique du corps formant la résistance, c'est-à-dire que t sera d'autant plus faible que P et C seront plus faibles.

Donc, à égalité de température il faudrait à une résistance en silicium, beaucoup plus de temps pour atteindre son régime normal de marche qu'à une résistance métallique.

Cette relation pourrait ainsi s'exprimer :

$$\frac{t}{t'} = \frac{Pc}{P'c'}.$$

Dans l'exemple choisi précédemment :

$$P = 14\,g \quad c = 0{,}098$$
$$P' = 32\,g \quad c' = 0{,}23.$$

En supposant qu'il faille une minute pour amener la résistance métallique à une température donnée, nous voyons qu'il faut, pour la résistance en silicium :

$$\frac{1}{t} = \frac{14 \times 0{,}098}{32 \times 0{,}23} = 5 \text{ minutes.}$$

Pratiquement, cette rapidité de temps s'accentue encore par le fait même que nous portons la résistance à une température bien plus élevée.

Pour terminer cette étude, et avant de vous montrer les modèles, types des appareils que nous serons amenés à construire, nous étudierons les prix comparatifs moyens des divers combustibles employés au chauffage.

Comparaison du prix de revient des sources usuelles de chaleur avec l'électricité.

Théoriquement, les quantités de calories dégagées par les différentes unités de combustibles, généralement employés, sont 7 500 000 calories pour 1 *k* de houille, soit pour

une tonne	7 500 000 000	calories.
un mètre cube de gaz.	5 250 000	—
un kilowatt heure . .	864 000	—

Il est certain que, si nous considérions ces chiffres, il faudrait que le prix du kilowatt-heure fut tarifié à un prix tellement bas, pour pouvoir lutter contre les autres modes de chauffage, que les stations productrices, même celles utilisant les forces hydrauliques, ne pourraient y parvenir.

Mais, l'emploi des divers appareils utilisant ces divers combustibles, présente des conditions tout autres.

Examinons donc pour chacun d'eux les procédés actuellement en service et voyons ce que l'on en retire réellement.

La tonne de charbon, dégageant 7 500 000 000 calories, est supposée composée de charbon pur, exempt de déchets, pierres, etc.

Il n'est pas besoin d'insister pour savoir combien dans la pratique, ces conditions sont irréalisables.

Nous avons donc de ce chef, un premier coefficient qui, le plus souvent, doit atteindre 80 0/0 soit 20 0/0 de perte.

Enfin, un second terme de réduction, et de beaucoup le plus important, est celui ayant trait aux appareils d'utilisation proprement dits, fourneaux de cuisine, poêles, cheminées à grilles, etc.

Suivant les systèmes, suivant les constructeurs, les rendements peuvent évidemment différer.

Toutefois, il est certain que l'échappement des gaz entraîne la plus grande partie des calories produites, soit environ 75 0/0 de perte et un rendement de 25 0/0 de rendement.

Ajoutons enfin, et plus particulièrement pour les fourneaux de cuisine, qu'il y aurait lieu encore de tenir compte d'un autre facteur, en ce sens, que la chaleur utilisable n'est pas entièrement utilisée pour le but que l'on se propose, et qu'une grande quantité est perdue soit parce qu'on laisse les foyers sans s'en servir, soit par le rayonnement de ceux-ci dans la pièce.

Avec les systèmes de fourneaux de cuisine actuels, vous perdrez nécessairement une aussi grande quantité de chaleur en faisant chauffer une bouillotte qu'en cuisant tout un dîner. Et, si votre cuisine ne se fait qu'à certaines heures, vous devrez néanmoins conserver le feu toute la journée.

La perte est ainsi considérable; et, en été, cette chaleur est aussi incommode qu'inutile.

Nous pouvons donc dire que, d'une tonne de houille, on ne retire au maximum que :

$$7\,500\,000\,000 \times 0{,}80 \times 0{,}25$$

soit 1 500 000 000 calories.

Pour le gaz, nous aurons également à tenir compte des appareils, c'est-à-dire, de leurs rendements.

Dans une communication faite, il y a environ quatre ans au Congrès des Sociétés de gaz et ayant trait au chauffage par le gaz et l'électricité, M. G. Perthuis donne les chiffres suivants :

La cheminée du type Ftetcher a un rendement moyen de 25 0/0.

La bûche, avec flammes d'amiante, d'un rendement bien inférieur, ne donne que 10 0/0.

Enfin, les petits fourneaux de cuisine ont un rendement d'environ 40 0/0.

J'admettrai ces chiffres.

Toutefois, je ne puis admettre, avec M. Perthuis, que le rendement d'un poêle à gaz soit égal à l'unité.

Cela supposerait que tous les produits de la combustion s'échappent dans la pièce même, ce qui, évidemment, ne saurait avoir lieu sans de grands dangers et inconvénients multiples pour l'hygiène.

Pour le chauffage des appartements, nous trouverons donc une puissance calorifique variant :

de. . . . $5\,250\,000 \times 0{,}25 = 1\,312\,500$

à . . . . $5\,250\,000 \times 0{,}10 = 525\,000$

Pour les fourneaux de cuisine, elle sera de :

$$5\,250\,000 \times 0{,}40 = 2\,100\,000$$

En ce qui concerne enfin les appareils d'utilisation du courant électrique, il est certain que, pour le chauffage des lieux habités, le rendement est égal à l'unité, puisque le chauffage a lieu par rayonnement direct sans dégagements d'aucuns gaz, d'aucune odeur.

Pour les usages domestiques, la résistance chauffante ne rayonne directement que d'un côté. Mais l'autre face peut rayonner par réflexion comme dans nos appareils.

Cette dernière face, en outre, est protégée par des corps, mauvais conducteurs de la chaleur, et le rendement de tous ces appareils peut être estimé à 90 0 0.

Nous aurons donc, comme quantités de calories utilisables :

1° Pour le chauffage des lieux habités :

$$864\,000 \text{ calories;}$$

2° Pour les usages domestiques :

$$864\,000 \times 0{,}90 = 777\,600 \text{ calories.}$$

Dans ces conditions, recherchons quel devrait être le prix de vente du kilowatt pour que le chauffage électrique entre dans le domaine de la pratique et puisse lutter contre ses concurrents.

Il est assez difficile de fixer, d'une façon générale, les prix des diverses unités, charbon et gaz. Ils varient dans une assez grande proportion d'une localité à l'autre et sont, en général, fonction

aussi bien pour la houille que pour le gaz, des moyens ou prix de transport.

Nous prendrons donc pour exemple la Ville de Paris, et nous croyons pouvoir dire que, en comptant les frais de manutention, la tonne de houille revient aux particuliers, même s'ils s'approvisionnent dans les grands chantiers à 50 *f*.

Pour le gaz, le prix uniforme est de 0,30 *f* le mètre cube.

Comparaison avec la houille.

Pour que le chauffage électrique pût entrer en concurrence avec le chauffage par la houille, toutes autres qualités étant supposées égales, il faudrait que le prix du kilowatt fût donné par l'équation :

1° Pour le chauffage des appartements :

$$\frac{50}{1\,500\,000\,000} = \text{ou} < \frac{x}{864\,000}.$$

Prix du kilowatt, 0,0288 *f*;

2° Pour les usages domestiques :

$$\frac{50}{1\,500\,000\,000} = \text{ou} < \frac{x}{777\,600}.$$

Prix du kilowatt : 0,0259 *f*.

Si nous faisions le même calcul comparatif entre la houille et le gaz, nous trouverions que le mètre cube, pour égaliser les prix, devrait être vendu en prenant le cas le plus favorable.

Pour les lieux habités :

$$\frac{50}{1\,500\,000\,000} = \frac{x}{1\,312\,500},$$

soit 0,0437 *f* le mètre cube, alors qu'il est vendu 0,30 *f*, ce qui revient à dire que, à chaleur égale, le gaz revient à :

$$\frac{0,30}{0,0437} = 6,8,$$

six fois et demie plus cher que la houille.

Si nous considérons le chauffage pour les usages domestiques, nous trouvons :

$$\frac{50}{1\,500\,000\,000} = \frac{x}{2\,100\,000},$$

soit 0,07 f le mètre cube, ce qui revient à dire que le gaz revient à $\frac{0,30}{0,07} = 4,28$, quatre fois plus cher que la houille.

Notons en passant que, malgré cette majoration, cela n'a pas empêché le gaz de faire son chemin tant à Paris que dans le monde entier, car, malgré sa cherté, il présentait, au point de vue des usages domestiques, de nombreux avantages sur la houille.

Comparaison avec le gaz.

Pour comparer les prix du chauffage électrique avec les prix du chauffage au gaz, nous aurons à résoudre les équations :

1° Pour le chauffage des appartements et en prenant pour le gaz son rendement le plus favorable :

$$\frac{0,30}{1\,312\,500} = \text{ou} < \frac{x}{864\,000},$$

soit 0,195 f le kilowatt-heure.

2° Pour les usages domestiques :

$$\frac{0,30}{2\,100\,000} = \text{ou} < \frac{x}{777\,600},$$

soit 0,111 f le kilowatt-heure.

Résumé.

En résumé donc, nous voyons que, pour que l'électricité puisse lutter avantageusement comme prix, toutes autres qualités étant égales, il faudrait que le kilowatt fût vendu :

1° Par rapport à la houille, entre 0,0288 f et 0,0255 f.
2° — au gaz, entre 0,195 f et 0,111 f.

Il est certain, bien que rien ne soit impossible, qu'il se passera longtemps avant que les prix des unités pour la houille et l'électricité puissent être assimilés.

La comparaison avec le gaz reste la plus intéressante.

Si nous recherchons quel peut être aujourd'hui le prix de vente du kilowatt, pour la moyenne des nombreuses stations d'électricité actuellement établies en France et à l'Étranger, nous croyons que ce prix peut être fixé à 0,25 f pour les stations mues par

moteurs à vapeur et, bien au-dessous, pour des stations empruntant leur puissance à des forces hydrauliques.

Les stations centrales ont, en effet, le plus grand intérêt à voir se développer les applications domestiques afin d'utiliser plus complètement, dans la journée, leur matériel électrique, ce qui abaisserait les frais généraux et ferait porter les dépenses d'amortissement sur de plus gros chiffres.

Au reste, bon nombre de stations d'électricité sont déjà entrées dans cette voie. Plusieurs même donnent le courant à des prix inférieurs à ceux précédemment fixés, notamment pour la traction des tramways.

Nous basant sur les chiffres plus haut déterminés, nous trouvons que le prix des 1 000 *kg* D ou grandes calories est de :

1° Pour la houille :

1 000 *kg* D = 0,033 *f*,

2° Pour le gaz :

Lieux habités	1 000 *kg* D = 0,226 *f*	ou 0,55 *f*
Usages domestiques . .	1 000 *kg* D = 0,140 *f*	

3° Pour l'électricité :

Lieux habités	1 000 *kg* D = 0,289 *f*
Usages domestiques . .	1 000 *kg* D = 0,321 *f*

Ces chiffres nous montrent que, dans les circonstances créées par l'industrie actuelle et en prenant, pour obtenir un chauffage déterminé, une dépense de 100 *f* de houille, il faudra dépenser :

Avec le gaz :

Pour les appartements	680 *f*
Pour la cuisine.	420 *f*

Avec l'électricité :

Pour les appartements	870 *f*
Pour la cuisine.	970 *f*

Si, d'autre part, nous prenons également pour un chauffage déterminé, une dépense de 100 *f* de gaz, il faudra avec l'électricité dépenser :

Pour les appartements.	120 *f*
— la cuisine.	230 *f*

Rappelons en passant, que, pour le chauffage des appartements, nous avons pris pour le gaz le cas le plus favorable et que, si nous avions considéré les cheminées à bûches, nous aurions trouvé que les 1 000 calories revenaient à 0,55 *f*,

soit 17 fois plus cher que la houille,
2 — — l'électricité.

Cela n'a pas empêché les fabricants de fourneaux et les usines productrices de vendre beaucoup de cheminées à bûches et ne les empêchera probablement pas d'en vendre encore un grand nombre.

Ces résultats pourraient encore appeler d'autres observations.

Les rendements des appareils à gaz, rendements que nous avons admis, ont été, comme nous l'avons dit, puisés dans une communication faite par M. G. Perthuis au Congrès des Sociétés de gaz.

Ils sont certes exacts; mais il est non moins vrai qu'ils ont dû être faits avec tout le soin voulu et en faisant donner à l'appareil son maximum d'effet utile.

Sont-ce là les conditions de marche usuelle, lorsque ces mêmes appareils sont mis entre les mains de nos domestiques, voire même entre les nôtres?

Je ne le crois pas.

Il est certain que le rendement d'un appareil à gaz varie dans d'assez grandes proportions, suivant que vous ouvrez plus ou moins le robinet donnant échappement au gaz, suivant que le mélange d'air ou de gaz arrive en proportions différentes.

Avec l'électricité, rien de semblable. Le plus ou moins de rendement de l'appareil ne dépend plus de l'habileté de l'opérateur.

Ce n'est pas sans de sérieux avantages que se présentent les nombreux systèmes de chauffage employés jusqu'ici : je suis le premier à le reconnaître.

Mais je crois pouvoir déclarer, sans soulever de votre part aucune protestation, que l'avenir scientifique est loin d'avoir dit son dernier mot, surtout sur ce terrain si largement ouvert aux perfectionnements des applications de l'électricité.

Si donc aujourd'hui le procédé de chauffage, dont je vais avoir l'honneur de vous présenter les premiers appareils, peut déjà supporter sans crainte, même au point de vue de la dépense, la

comparaison avec les systèmes en usage les plus perfectionnés, étant donné ses avantages que je ne crois pas utile de développer plus longuement, il vous semblera, j'espère, avec moi, qu'il est permis de prévoir que l'époque n'est pas très lointaine où les travaux des nombreux savants électriciens qui étudient la question seront couronnés d'un plein succès, et que le jour est proche où l'électricité pourra être mise à la disposition de tous, d'une façon absolument pratique, son prix ne restant plus un obstacle à toutes ses nombreuses utilisations particulières et industrielles.

Système.

Notre système consiste essentiellement dans la bûche électrique.

Elle est constituée par un bâton de silicium aggloméré pur métallisé à ses deux extrémités afin de les empêcher de rougir, et, par suite, assurer un bon contact avec le fil métallique qui le relie à la douille.

Ce bâton est renfermé dans un tube de verre approprié dans lequel on fait le vide, afin d'empêcher l'oxydation du silicium qui, quoique très lente, se ferait néanmoins à l'air libre.

Les deux extrémités du tube de verre sont plâtrées dans des culots métalliques, comme on le fait pour les lampes incandescentes.

Chacun constitue l'un des pôles de la bûche.

Pour la mettre en service, il suffit de la prendre entre des pinces à ressort qui assurent un bon contact.

Chaque bûche peut être construite pour absorber de 60 à 100 watts.

Elle peut se faire pour n'importe quel voltage et se place sur le courant, soit en dérivation, soit en tension.

Dans les appareils que vous avez sous les yeux, elles sont en tension par deux.

Les appareils d'utilisation peuvent alors être multiples, affecter toutes formes et toutes dimensions.

Pour le chauffage des appartements notamment, et c'est surtout là que l'on doit trouver un grand nombre d'applications, on peut imaginer les appareils les plus simples comme les plus luxueux.

Le modèle de poêles que vous avez sous les yeux ne peut en donner qu'une faible idée.

Quant aux applications aux usages domestiques, les appareils seront construits suivant des modèles analogues à ceux actuellement en usage pour le gaz, fourneaux à un ou plusieurs trous, quelles qu'en soient les formes ou dimensions, rôtissoires, grilloires, fers à repasser, à friser, etc.

Nous mettrons donc entre les mains du public, comme nous nous le sommes proposé, des appareils simples, en général peu coûteux, de détérioration impossible et surtout d'un maniement facile, employant tous les ustensiles dont notre personnel domestique a l'habitude de se servir journellement.

CHRONIQUE

N° 218.

Sommaire. — Réduction dans le coût de la force motrice à vapeur réalisée de 1870 à 1897 *(suite et fin)*. — Le trafic du charbon à Londres. — L'éophone. — La Société américaine des Ingénieurs Civils. — Le tunnel du Col de Tende. — Grues électriques d'ateliers.

Réduction dans le coût de la force motrice à vapeur réalisée de 1870 à 1897 *(suite et fin)*. — Dans tout ce qui précède, on n'a considéré que la machine compound. Dans ces derniers temps on a reconnu que cette machine se prêtait beaucoup mieux à l'emploi de pressions plus élevées qu'on ne le croyait généralement. Ce fait réduit les avantages de la machine à triple expansion, dans une mesure assez grande pour avoir amené une sorte d'arrêt dans le développement de celle-ci. L'auteur croit cependant qu'on devra encore la préférer pour des pressions initiales dépassant 10 à 11 *kg*. La faveur dont elle continue à jouir sur mer est un argument très sérieux en faveur de son emploi à terre.

On peut admettre que les consommations comparatives d'une compound marchant avec de la vapeur à 11 *kg* et d'une machine à triple expansion fonctionnant à 13 *kg* sont sensiblement de 5,7 et 5,1 *kg* de vapeur par cheval indique et par heure, soit une économie de 10 0/0 environ en faveur de la seconde.

Une source très importante d'abaissement du coût de la force motrice a été la réduction du prix du charbon réalisée à Lowell et autres localités placées d'une manière analogue. En 1870, le charbon y coûtait 35 *f* la tonne et, en 1895, il ne coûtait plus que 20 *f*, soit une réduction de 43 0/0.

L'auteur donne maintenant quelques indications sur le prix d'installation d'un moteur d'usine de forte puissance, 1 000 *ch* par exemple, dans une localité industrielle du Massachusetts où il n'existe pas de force hydraulique.

Le meilleur type de moteur pour une puissance de cette importance était, il y a 27 ans, formé d'une paire de machines simples à condensation employant de la vapeur à 1,5 *kg* fournie par des chaudières vaporisant 8 *kg* d'eau par kilogramme de combustible. Une installation semblable coûtait, y compris les bâtiments, cheminée et accessoires, 360 *f* par cheval indiqué.

Les dépenses fixes sur une installation de cette nature étaient de 6 0 0 pour l'intérêt, 4 pour la dépréciation, 2 pour les réparations et 1 pour l'assurance, total 13 0/0.

Voici le compte des dépenses par cheval :

Charges fixes 13 0/0 sur 360 *f*.	46,80 *f*
Combustible à raison de 1,15 *kg* par cheval et par heure à 36 *f* la tonne,	
1,15 *kg* × 10 heures × 308 jours × 36 *f* = ...	127,50
Main-d'œuvre chaudières { 3 hommes de jour à 7,50 *f* ; 1 homme de nuit à 7,50 *f* } $\frac{30 \times 308}{1\,000}$ =	9,60
Main-d'œuvre machines { 1 machiniste à 15,60 *f* ; 1 aide à 10,40 *f* } $\frac{26 \times 308}{1\,000}$ =	8,00
Graissage, fournitures, etc	7,10
TOTAL.	199,00 *f*

Aujourd'hui on peut installer une force motrice de 1 000 *ch*, avec machine compound, chaudières vaporisant 9 *kg* par kilogramme de combustible, bâtiments, cheminée et accessoires y compris réchauffeurs d'eau d'alimentation pour un prix de 300 *f* en nombre rond par cheval indiqué. Un moteur de ce genre ne consommera pas plus de 0,65 *kg* par cheval indiqué et par heure.

Les charges fixes peuvent s'établir à raison de 5 0/0 d'intérêt, 3 1/2 de dépréciation, 3 d'assurances et d'impôt, soit au total 11 1/2 0/0.

Les dépenses seront, dans ces conditions :

Charges fixes 11 1/2 0/0 sur 300 *f*.	34.50 *f*
Combustible, 0,65 *kg* à 17,25 *f* la tonne,	
0,65 *kg* × 10 heures × 308 jours × 17,25 = ...	38,50
Main-d'œuvre chaudières { 2 hommes de jour à 7,60 *f* ; 1 homme de nuit à 7,60 *f* } $\frac{22,80 \times 308}{1\,000}$ =	7,00
Main-d'œuvre machines { 1 machiniste à 18,20 *f* ; 1 aide à 10,40 *f* } $\frac{28.60 \times 308}{1\,000}$ =	8,80
Graissage, fournitures, etc.	4,00
TOTAL.	92,80 *f*

La comparaison de ces chiffres fait voir que l'installation d'une force motrice de 1 000 *ch* coûte actuellement $\frac{360 - 300}{360}$ = 17 0/0 en nombre rond de moins qu'il y a 27 ans et que le coût de la force motrice est $\frac{199,00 - 92,80}{199}$ = 53 0/0 moindre qu'à cette époque.

Si on admet que l'emploi de la surchauffe peut réduire encore la dépense de vapeur jusqu'à 4,5 *kg* par cheval indiqué et par heure et que le rendement du générateur n'en soit pas affecté, le coût de l'installation première restant sensiblement la même, on aura pour la dépense de combustible :

0,5 × 10 × 308 × 17,25 = ...	26,60 *f*
Les autres chapitres resteront à	58,30
TOTAL.	84,90 *f*

donnant une réduction de $\frac{92,80 - 84,90}{92,80}$ = 8,5 0/0 en nombre rond.

On a relevé, sur une filature de l'État de Massachusetts, établie en 1889, les chiffres suivants :

Coût d'établissement 346 000 *f* à 11 1/2 0/0 = ...	39 790 *f*
Combustible 2 900 *t* à 22,70 *f*.	66 000
Main-d'œuvre 46 *f* par jour, pour 308 jours.	14 168
Graissage, fournitures, etc.	1 622
TOTAL	121 580 *f*

Si on admet que la puissance moyenne développée pendant l'année a été de 1 132 *ch* indiqués; le coût du cheval indiqué par an ressort à $\frac{121\,580}{1\,132} = 107{,}40\ f$, et, si on déduit le combustible employé pour le chauffage des ateliers, le coût net de la force motrice ressort à 104 *f* par cheval indiqué et par an, ce qui représente pour 10 heures par jour et 308 jours par an, 0,034 *f* soit un peu moins de 3 1/2 centimes par cheval-heure, prix dans lequel le combustible figure pour le tiers, soit 1 centime environ.

Le journal *Engineering Record* du 14 mars 1896, a donné les dépenses de combustible d'un moteur compound actionnant la filature de Stevens, à Webster, Mass. On relève sur cette machine des diagrammes d'indicateur matin et soir pendant toute l'année, et la dépense de combustible est inscrite avec beaucoup de soin. Voici les chiffres constatés.

	1893	1894	1895
	—	—	—
Travail moyen pendant l'année. . . .	381	393	396
Combustible dépensé par cheval-heure.	0,797	0,756	0,747

Il aurait été très intéressant de connaitre les observations faites dans la discussion qui a suivi la communication de M. Dean, malheureusement nous n'aurons connaissance de cette discussion que par la publication complète des *Proceedings* de l'*American Society of Mechanical Engineers*, à la fin de cette année. Les journaux américains qui ont rendu compte de la session de cette Société se sont bornés à signaler brièvement deux observations : l'une, faite par M. Allan Stirling, émet quelques doutes quant à la supériorité du type de chaudières à retour de flamme prôné par M. Dean et qui paraît supplanté aujourd'hui, dans une large mesure, par les divers systèmes de générateurs avec l'eau dans les tubes.

Une autre observation a été présentée par notre Collègue le professeur Thurston au sujet de l'efficacité du rechauffage intermédiaire auquel M. Dean a attribué une assez large part dans les progrès réalisés depuis 30 ans.

D'après M. Thurston, ce rechauffage n'aurait guère d'effet qu'avec des machines très peu chargées; autrement on a constaté quelquefois une augmentation de consommation. Il est difficile de surchauffer suffisamment la vapeur au réservoir intermédiaire uniquement avec la vapeur de la chaudière et l'expérience a démontré que le degré de surchauffe doit être élevé pour que celle-ci soit efficace, c'est-à-dire donne, en effet

utile, plus qu'elle ne coûte par la condensation de vapeur qui la produit.

Il nous semble qu'il y a bien des choses à dire au sujet de la communication, d'ailleurs très intéressante, de M. Dean. Pour ce qui concerne la surchauffe intermédiaire, elle a été employée, il y a plus de 35 ans, en France, par B. Normand, et en Angleterre, par E. A. Cowper; elle n'a jamais été très employée et on y a renoncé à peu près complètement en Europe. D'une manière générale, on peut lui reprocher de gêner le passage d'un cylindre à l'autre par les dispositions qu'on est obligé d'employer pour assurer un contact assez intime entre la vapeur travaillante et la vapeur réchauffante. De plus, si on opère le rechauffage par la vapeur de la chaudière, la différence de température n'est pas suffisante pour opérer un effet utile bien appréciable, car il ne faut pas perdre de vue que l'action est ici tout à fait différente de celle de l'enveloppe de vapeur. D'autre part, si on opère le rechauffage, comme l'a fait B. Normand dans quelques machines, par les gaz de la combustion dans la boîte à fumée, on est, en dehors des locomotives, conduit à employer des conduites assez longues exposées au refroidissement et aux fuites et il est très douteux que la chaleur perdue soit mieux utilisée pratiquement par ce moyen que par le chauffage de l'eau d'alimentation ou la surchauffe de la vapeur vierge. Somme toute, le réchauffage intermédiaire parait assez peu employé actuellement en Europe; il est totalement abandonné dans la marine où il a d'abord été employé. Nous ne considérons pas, en effet, comme pouvant produire une surchauffe appréciable, le contact de la vapeur passant d'un cylindre à l'autre avec la paroi de l'enveloppe de vapeur du cylindre à haute pression, contact qui se produit dans un type très répandu de machine compound.

Il nous semble que, parmi tous les facteurs que M. Dean a énumérés dans sa communication comme ayant amené, depuis 30 ans, la diminution des dépenses d'installation et de service des moteurs à vapeur, le principal, la plus efficace, suivant nous, a été omis, ou tout au moins l'auteur ne l'a pas indiqué d'une manière explicite, c'est l'accroissement de la vitesse. Il est certain que c'est cet accroissement de vitesse qui a permis de réduire, à puissance égale, les dimensions des cylindres et des pièces du mécanisme et par là de réduire le poids et le prix des machines. Il a également eu une influence directe sur le rendement organique des appareils; ainsi les volants d'une machine étant plus légers dans le rapport inverse du carré du rapport des vitesses, le frottement de l'arbre dû au poids du volant sera réduit dans le rapport de ce carré et comme ce frottement est une des parties les plus importantes des résistances internes des machines, on en conclura que l'augmentation de la vitesse a entrainé une augmentation du rendement organique, c'est-à-dire du rapport du travail effectif sur l'arbre au travail indiqué sur les pistons. M. Dean n'a pas fait allusion à cette augmentation du rendement qu'on doit faire entrer en ligne de compte, tant au point de vue de la réduction de la dépense d'établissement qu'à celle des dépenses de service, car un manufacturier ou, pour parler d'une manière plus générale, un consommateur de force motrice, demande de la force sur l'arbre de son moteur et non de la force sur les pistons.

Il nous semble, par ailleurs, que la situation indiquée par M. Dean comme étant celle de la machine à vapeur aux États-Unis en 1870 se trouvait dans des conditions plutôt inférieures à ce qu'était cette situation chez nous à la même époque. Nous ne croyons pas en effet qu'on put voir, en France en 1870, des machines fixes marchant à des pressions aussi faibles que 1 1/2 *kg*. D'après l'auteur américain, la machine la plus économique en usage dans l'industrie était la Corliss simple dépensant environ 9 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure. Il nous semble que, pour ne parler que de notre pays, on obtenait de meilleurs résultats économiques en France, même avant 1870. Nous trouvons dans les procès-verbaux de notre Société, dans une communication de Burel, en 1862, que la machine à deux cylindres et à balancier de la filature Fournet à Lisieux donnait une consommation de 8,43 *kg* de vapeur par cheval au frein ou moins de 7 *kg* par cheval indiqué. Une machine du même système de Powell dépensait en 1869, 6,7 *kg* de vapeur par cheval indiqué. En 1848, c'est-à-dire 22 ans avant la date qui sert de point de départ à M. Dean, la Société d'Encouragement avait constaté sur des machines de Farcot et de Le Gavrian et Farinaux des dépenses de vapeur de 9,83 *kg* et 10,66 *kg* par *cheval au frein* et par heure. Si pour ramener ces consommations au cheval indiqué, nous supposons un rendement organique de 85 0/0 qui est probablement trop élevé pour l'époque, nous arriverions à des dépenses de 8,36 et 9,06 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure, égales et même inférieures à celle de 9 *kg* données par l'auteur américain comme les plus favorables qu'on eût constatée aux États-Unis en 1870. Nous croyons que la situation n'est pas plus défavorable pour nous à l'époque actuelle. Il serait facile de le prouver par des exemples, mais cela nous conduirait à donner à ces simples observations un développement tout à fait exagéré.

Le trafic du charbon à Londres. — Nous trouvons dans un récent numéro de l'*Engieering Magazine* les intéressants détails qui suivent sur le trafic du charbon à Londres.

La quantité de charbon qui arrive annuellement à Londres atteint le total extraordinaire de 18 millions de tonnes anglaises, dont environ 12 millions arrivent par chemin de fer, et le reste par voie maritime. On peut apprécier l'importance de ce chiffre par ce fait qu'il est supérieur à la production des bassins français du Nord et du Pas-de-Calais qui, en 1896, a été de 17 millions de tonnes (de 1000 *kg*) et qu'il représente un peu plus des 6 dixièmes de la production totale de la France qui a été de 29 millions pour cette même année. Si on admet qu'une tonne occupe un volume de 1,25 m^3, on trouve que 18 millions de tonnes formeraient un tas de charbon de 30 *m* de largeur, autant de hauteur, et de 25 *km* de longueur. Cette énorme quantité est apportée, manutentionnée, distribuée et consommée en 12 mois. Sur ce chiffre 7 millions de tonnes sont employées par l'industrie, 6 millions pour la fabrication du gaz, d'où résulte la production d'une grande quantité de coke laquelle est elle-même consommée, notamment pour le chauffage domestique, enfin le reste, soit 5 millions de tonnes est employé pour les usages intérieurs des maisons.

En ce qui concerne le charbon apporté par chemin de fer, la manutention est assez simple et ne présente rien de particulier. Le charbon est grossièrement criblé à la mine, quelquefois lavé, et chargé dans les wagons qui le portent à destination. Il est difficile de se faire une idée du matériel qui est nécessaire pour le transport à Londres de 12 millions de tonnes de charbon. Une maison qui transporte annuellement 1 million de tonnes ne possède pas moins de 5000 wagons et 16 *km* de voies de service ; si on prend cette proportion pour point de départ, on arrive à trouver qu'il faudrait pour transporter par an 12 millions de tonnes, 60000 wagons et 192 *km* de voies de service. L'entretien et les réparations de ce matériel représentent déjà une belle somme.

Si le transport par chemin de fer est le plus important comme quantité, le transport par eau est, par contre, le plus intéressant parce qu'il donne lieu à des manutentions dans lesquelles l'art de l'Ingénieur et les installations mécaniques jouent un rôle considérable. Une économie dans les frais de manutention de 0,10 *f* par tonne représente, pour 6 millions de tonnes une somme annuelle de 600000 *f*, laquelle est suffisante pour payer un dividende de 5 0/0 sur un capital de 12 millions de francs, ou, si on tient compte de la dépréciation, de l'entretien, etc., on peut dire qu'il est admissible de consacrer un capital de 5 millions de francs à des installations permettant de réaliser une réduction de dépenses de 0,10 *f* par tonne sur la totalité du charbon qui arrive par mer à Londres.

Dans le but de réaliser ce programme, les maisons qui font le transport par eau du charbon à Londres se sont syndiquées pour arriver à réduire les dépenses de ce genre par une entente qui fait qu'elles se prêtent un concours mutuel. Bien que chacune conserve son individualité, son matériel et son personnel, les choses sont arrangées de manière que ce matériel et ce personnel soient toujours utilisés le mieux possible, dans les limites de ce qu'on peut raisonnablement demander, par une sorte d'assistance mutuelle. Par exemple, supposons qu'une des maisons syndiquées ait à transporter une certaine quantité de charbon d'un endroit à un autre. Ce fait étant porté à la connaissance de la Direction du Syndicat, des arrangements sont pris pour que les autres maisons qui auraient à effectuer des transports dans la même direction puissent profiter des mêmes remorqueurs et des bateaux vides en retour ; on arrive ainsi à utiliser le plus possible le matériel et à employer la plus grande proportion de sa capacité utile.

Au lieu d'une concurrence ardente entre les maisons faisant le même genre d'affaires, on obtient une assistance réciproque dont le résultat est un avantage considérable pour la communauté et, par conséquent, pour chacun des associés.

Pour donner une idée de l'importance du matériel nécessité par le trafic dont nous venons de parler, il nous suffira de dire qu'une des plus fortes maisons qui s'occupent de ce genre d'opérations, possède ou affrète 100 vapeurs dont chacun peut porter de 1000 à 2000 *t* de charbon, plus 1500 bateaux tant en bois qu'en acier, 10 porteurs à vapeur allant à la mer, 25 remorqueurs et un nombre considérable de navires à voiles et des barques.

Quelques-uns des navires et des barques sont construits en acier et très solidement, leur port est de 600 à 1000 *tx*, ils sont remorqués deux à la fois derrière les charbonniers à vapeur de manière à constituer un convoi qui porte autant qu'un des grands vapeurs de construction récente et à moindres frais.

On emploie ce procédé pour utiliser avec plus de profit un certain nombre de vapeurs de construction déjà un peu ancienne et qui ne portent que 1 000 à 2000 *t*; ce moyen permet d'augmenter leur capacité de transport.

Des remorqueurs prennent les bateaux et barques à l'embouchure de la Tamise et les amènent directement aux wharfs ou entrepôts situés sur les bords du fleuve où sont disposés les magasins à charbon. Ces magasins consistent en capacités établies en fer ou en bois et portées sur des colonnes à une assez grande hauteur au-dessus du sol; chacune de ces capacités peut contenir 2000 *t*, et porte, à la partie supérieure, une grue à vapeur qui sert à extraire le charbon des barques et à l'introduire dans les magasins.

Ces capacités portent à la partie inférieure des ouvertures fermées par des trappes et par lesquelles on sort le charbon. Celui-ci passe sur des cribles et dans une machine à peser et de là dans les tombereaux par lesquels il est transporté en ville pour être livré à la consommation. On arrive par ces moyens, non seulement à opérer la manutention au plus bas prix possible, mais encore à réduire la perte de charbon par bris et poussier.

On se propose de perfectionner encore ces opérations en amarrant en rivière les charbonniers à vapeur à une distance suffisante du bord pour leur assurer le mouillage nécessaire à toutes les phases de la marée, et en amenant le charbon de leurs cales dans les magasins à terre par le moyen de transporteurs. On a déjà établi, dans ce but, des grues à vapeur sur pontons et on va développer l'emploi de ces engins pour parer à un trafic plus considérable encore que celui qui existe actuellement. Ce développement aura lieu sous la forme suivante :

Chaque ponton, qui constitue un véritable navire, aura 150 *m* de longueur sur 13,50 *m* de largeur et 3,60 *m* de creux.

Cette longueur considérable a été adoptée pour que chaque ponton puisse être accosté par deux charbonniers à vapeur, de 2000 *tx* de capacité chacun; les barques également chargées de charbon seront placées entre le ponton et la rive, où elles auront encore assez d'eau et ne gêneront pas le mouvement de la navigation dans le fleuve.

Chaque ponton recevra une installation mécanique complète pour force hydraulique, comprenant machines, chaudières et pompes d'une puissance de 800 *ch* indiqués, deux accumulateurs à pression de 55 *kg* par centimètre carré, neuf grues mues par l'eau avec 10 *m* de portée pouvant enlever 4 *t* à l'extrémité de la volée, des cabestans et treuils hydrauliques pour la manœuvre des barques, etc. En outre, chaque ponton recevra une installation complète d'éclairage électrique.

Cette question présente un intérêt particulier parce que l'usage est de décharger les charbonniers à vapeur sans interruption jusqu'à ce que l'opération soit finie; le travail se fait de jour et de nuit. Comme le cas

se présente à chaque instant et que les navires se succèdent presque sans interruption, on conçoit que l'éclairage électrique puisse être d'un très grand secours. En outre de ces installations, les pontons porteront un petit atelier où on pourra faire les réparations urgentes, non seulement aux engins du ponton même, mais aussi aux charbonniers, aux barques, etc. ; pour éviter les pertes de temps.

Les problèmes que soulève l'installation de ces pontons sont du plus grand intérêt au point de vue de l'art de l'Ingénieur. Un des moindres n'est pas celui de la construction, de la mise à l'eau et de l'amenage à destination de ces pontons d'une si grande longueur relativement à leur largeur et surtout à leur creux ; la dernière opération surtout présentera de sérieuses difficultés ; la question de l'amarrage en rivière nécessitera également de très grandes précautions. Il y a là tout un ensemble qui devra être étudié et exécuté avec beaucoup de soins et qui sera très intéressant à examiner lorsque les installations seront terminées. Nous aurons occasion d'y revenir.

L'éophone. — Sauf les cas, assez rares, d'incendie, les navires modernes, bien construits et bien équipés, n'ont guère à courir de risques sérieux que ceux qui proviennent d'abordages ou d'échouages, principalement en temps de brouillard.

L'action seule de la mer ou du vent amène relativement peu d'accidents. On n'a jusqu'ici d'autres moyens de sécurité contre la brume que l'emploi de sifflets à vapeur, de sirènes ou de cloches sur les navires ou près des côtes sur des bouées, des feux flottants, ou même à terre. Or l'effet utile de ces signaux dépend uniquement de l'aptitude des pilotes à les entendre et à reconnaître le sens d'où ils proviennent. Il est souvent très difficile d'y arriver avec l'oreille seule.

L'éophone est un instrument inventé par M. Della Torre, de Baltimore, et dont l'objet est d'aider l'oreille à percevoir la direction du son. Il se compose de deux récepteurs en forme de cornet acoustique placés de chaque côté d'une aile de girouette placée à l'extrémité d'un axe vertical : de chacun de ces récepteurs part un tube qui arrive à chacune des oreilles du pilote. Le principe de l'appareil est que les ondes sonores qui frappent normalement l'aile n'agissent que sur le récepteur qui est de ce côté de l'aile et peu ou point sur l'autre récepteur, et dès lors le son n'est perçu que par une des oreilles ; si le son est entendu également par les deux oreilles, c'est qu'il provient d'une direction en droite ligne avec le plan de l'aile.

L'axe porte, à la partie inférieure, une aiguille placée sur un compas de route et une roue à main. Dès que le pilote ayant les récepteurs qui terminent les tuyaux fixés aux oreilles, entend le bruit d'une cloche de navire, il tourne l'aile par le moyen de la roue à main jusqu'à ce qu'il perçoive le son seulement par une des oreilles, il n'a qu'à voir vers quel point du compas porte l'aiguille pour reconnaître la direction générale d'où vient le son. Il tourne alors l'aile jusqu'à ce que le son ne soit entendu par l'autre oreille et constate également la position. Le point d'où provient le son est entre ces deux indications. Il manœuvre alors l'appareil jusqu'à ce qu'il entende également par les deux oreilles

et obtient la direction exacte. Il peut alors donner ses ordres en connaissance de cause pour la manœuvre du navire.

Les journaux américains auxquels nous empruntons ces renseignements disent que l'éophone est actuellement employé sur plusieurs lignes de navigation et dans le service de la marine et de la douane des États-Unis. Une Commission qui a étudié le fonctionnement de l'appareil sur le navire des États-Unis *Indiana*, a conclu comme suit :

« Avec cet appareil, on a pu reconnaître facilement et d'une manière précise la direction de sifflets et cloches, le navire marchant à des vitesses variant de 5 à 11 nœuds ; il a pu être manié sans difficulté par des membres de la Commission qui n'en avaient aucune connaissance préalable. Les résultats obtenus semblent indiquer que cet instrument peut rendre de grands services en permettant de reconnaître la direction dans laquelle arrive un signal sonore. Avec un peu d'usage, on peut obtenir de cet instrument une exactitude très suffisante pour les besoins de la pratique. »

La Société américaine des Ingénieurs Civils. — Nous avons donné, dans notre chronique de janvier dernier, page 116, quelques renseignements sur le nouvel hôtel que s'est fait construire la Société américaine des Ingénieurs Civils. Nous avons, depuis, trouvé quelques détails complémentaires sur la bibliothèque et les publications de cette Société, laquelle comptait au 1er janvier de cette année 2 079 membres et il nous a paru intéressant de les mettre sous les yeux de nos collègues.

Le rapport du bureau indique que le nombre des numéros du catalogue de la bibliothèque qui était de 20 741 à la fin de 1896, s'est accru, dans le dernier exercice, de 1 180, divisés comme suit :

Volumes reliés	323
Volumes brochés	387
Brochures	172
Cartes, photographies et dessins	176
Spécifications de brevets	122
Total	1180

ce qui fait actuellement 21 921 numéros du catalogue. Les dépenses pour la bibliothèque ont été, pendant l'année courante, de :

Reliure de 25 volumes	272 *f* (1)
Achat de livres	135
Total	407 *f*

Le bureau fait observer que, jusqu'ici, l'accroissement de la bibliothèque de la Société n'a guère eu lieu que par des legs ou des dons d'ouvrages de la part des membres ou d'autres personnes intéressées dans les questions pour l'étude desquelles la Société a été fondée. Dans les conditions matérielles où se trouvait précédemment celle-ci, c'est-à-dire avec un local insuffisant et l'absence des commodités nécessaires pour l'usage

(1) Nous comptons le dollar 5,20 *f*.

de la bibliothèque, il n'y avait aucun intérêt à chercher à développer celle-ci et à la mettre à la hauteur des besoins du jour. Mais il n'en est plus de même aujourd'hui et le bureau pense que le moment est venu de développer la bibliothèque et de la compléter par l'acquisition des ouvrages les plus récents relatifs aux diverses branches de l'art de l'Ingénieur qu'on ne pourrait avoir par don des auteurs ou éditeurs et en outre par l'achat des livres qui auraient été l'objet de demandes sérieuses. Cet accroissement peut se faire aujourd'hui sans inconvénient. On a vu que la Société possédait dans son catalogue 21 921 numéros, qui représentent l'équivalent de 15 000 volumes; or, la bibliothèque est actuellement disposée pour recevoir 50 000 volumes et cette capacité peut être doublée quand on voudra par l'installation de nouveaux rayons.

Quant aux publications, le bureau expose que l'historique de la Société fait à l'occasion du changement de local, a été imprimé à 2 000 exemplaires dont 300 reliés en maroquin; sur ces derniers, 200 ont été vendus à raison de 52 *f* l'un. La dépense totale a été de 6 328 *f* et le bénéfice net, de 4 904 *f*.

Les publications faites par la Société pendant l'année 1897, se répartissent comme suit :

	Nombre.	Tirage.	Pages.	Planches.	Figures dans le texte.
Mémoires	2	2 400	1 068	20	192
Procès-verbaux .	10	2 400	787	26	140
Annuaire	1	2 600	193	»	»
Circulaires . . .	10	2 400	136	»	»
Réimpressions . .	2	300	60	2	»
Totaux. . .			2 244	48	332

Voici un tableau donnant les dépenses faites pour les publications pendant les trois dernières années, le temps passé par le personnel n'entrant pas en ligne de compte dans ces dépenses.

	1895	1896	1897
Nombre de pages.	2 008	2 471	2 244
Dépense totale . . . . . *f*	51 674	46 956	45 006
Tirage des mémoires	2 300	2 400	2 400
— des procès-verbaux . .	2 300	2 350	2 400
Dépense moyenne par page. *f*	25,20	19,00	20,00

Nous rappellerons à titre de comparaison que, dans la Chronique de mars 1895, page 737, nous faisons ressortir pour nos publications de 1894 une dépense totale de 46 000 *f* pour 1 695 pages. Le coût moyen de la page ressortait donc à 27 *f* en nombre rond, mais le tirage s'élevait à 3 000 au lieu de 2 300, notre format plus grand représente 10 à 15 0/0 de matière de plus, enfin, il y aurait à tenir compte du double tirage des procès-verbaux. Dans ces conditions, il est certain que le coût par page de nos publications est notablement en dessous du coût de celles de nos confrères transatlantiques.

Le tunnel du Col de Tende. — Le percement du tunnel du Col de Tende, en travail depuis huit ans, a été terminé le 15 de ce mois (février 1898). C'est le plus long qu'il y ait en Italie après celui de Ronco Giovi sur la ligne de Turin à Gênes. Il se trouve sur le chemin de fer de fer de Coni à Vintimille, section de Limone à Vievole, de 10 377 *m* de longueur en construction, la section de Coni à Limone, de 32 *km*, étant déjà en exploitation.

Ce tunnel met en communication la vallée de Vermenagua au Nord avec celle du Roia au Sud. Il est en alignement droit et assez exactement orienté du Nord au Sud. Son profil longitudinal se compose de deux plans inclinés qui se rejoignent sensiblement au milieu : l'un du côté nord avec 2 0/00 d'inclinaison, l'autre, du côté méridional, avec 10 0/00 et une faible longueur avec 14.

La longueur totale est de 8 100 *m*, l'altitude de l'entrée nord de 1 030 *m* et celle de l'entrée sud de 990 *m* au-dessus du niveau de la mer. Le tunnel se trouve à 870 *m* au-dessous du col.

Voici, du reste, ces éléments comparés avec ceux des trois grands tunnels européens.

	Col de Tende.	Gothard.	Mont-Cenis.	Arlberg.
Altitude maxima. . .	1 038	1 154	1 294	1 310
Longueur	8 100	14 910	12 233	10 250

Il est intéressant de rappeler ici que le col de Tende était déjà traversé par un tunnel donnant passage à la route de Coni à Nice ; ce tunnel, terminé en 1882, a 3 180 *m* de longueur, il est sensiblement parallèle au tunnel du chemin de fer et se trouve à une distance horizontale de 40 *m* environ et verticale de 280 *m* par rapport à celui-ci.

Les travaux du tunnel qui nous occupe ont été commencés à la fin de 1889 ; ils avaient été mis à prix sur une base de 20 710 000 *f* et adjugés l'entrepreneur Luigi Vaccari avec un rabais de 32,93 0/0, donnant un total de 13 890 200 *f*. Le tunnel est à deux voies.

Les travaux, exécutés par perforation mécanique, ont commencé, comme nous venons de le dire, à la fin de 1889, se sont poursuivis sans incidents graves jusqu'au milieu de 1894 où la rencontre de boues et l'invasion de grandes masses d'eau a amené une suspension de plusieurs mois, il a fallu ensuite travailler dans des conditions telles que les opérations ont dû se faire en régie jusqu'en mars 1896, le travail s'est alors repris régulièrement jusqu'à son achèvement ces jours derniers.

La ligne en construction a une très grande importance parce qu'elle mettra directement Turin en communication avec Vintimille, Menton et Nice, tandis qu'il faut actuellement passer par Gênes, mais la partie à exécuter entre Vievole et la ligne Savone-Vintimille sur le territoire italien coûtera 60 à 70 millions et sera longue à exécuter à cause des nombreux travaux d'art. Une description très complète des travaux du tunnel du Col de Tende a été donnée dans le *Giornale del Genio Civile*, fascicule 9 et 10 de 1897.

Grues électriques d'ateliers. — L'électricité est largement employée pour la manœuvre des grues des ateliers de Crewe du London

and North Western, dirigés, comme on sait, par notre distingué Collègue, M. F. W. Webb.

Les moteurs de ces grues ont des champs magnétiques du type Manchester et des armatures Pacinotti. Au départ, on introduit une résistance variable qui est supprimée dès que le moteur est en marche normale. Tous les moteurs sont réglés pour tourner à 1500 tours par minute et cette vitesse est réduite par une transmission à vis sans fin.

Les grues de 30 tonnes employées dans l'atelier de montage pour lever les locomotives montent la charge à raison de 0,012 *m* par seconde avec une consommation de 70 ampères à une tension de 120 volts. Le déplacement longitudinal s'opère à raison de 0,50 *m* par seconde avec une consommation de 60 ampères au même voltage et enfin, la vitesse du déplacement transversal est de 0,25 *m* par seconde et la dépense de 30 ampères.

Avec de faibles charges, la vitesse de levage est de 0,05 *m* par seconde. La grue de 15 tonnes qui dessert la machine à river les chaudières est placée à 15 *m* de hauteur et tous ses mouvements sont commandés par des commutateurs placés en bas et elle est munie d'un frein magnétique qui supprime tout mouvement dès qu'un trou est présenté pour recevoir le rivet.

D'après M. Webb, le coût des réparations est très peu élevé. On n'a pas encore eu besoin de changer les balais, on les rafraichit simplement sur le tour tous les ans. Les charbons des commutateurs et les brosses ne sont renouvelés que tous les six mois.

Toutes les dynamos employées ont été faites dans les ateliers meme; les machines motrices ont été fournies par Willans et Robinson et aussi par Bumsted et Chandler.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JANVIER 1898.

Rapport de M. ED. SIMON sur **le piquage mécanique**, système VERDOL.

Ce procédé, qui constitue un progrès très important dans l'industrie du tissage, est relatif à une opération faite sur le papier qu'on substitue au carton sur les mécaniques Jacquard. L'appareil présenté obvie à certains inconvénients que présentait le mode de fonctionnement employé jusqu'ici.

Le rapporteur fait observer que les mécaniques Verdol sont déjà au nombre de plus de 7 000, dont 3 700 fonctionnent en France. L'économie réalisée par la substitution du papier au carton représente, pour l'industrie nationale, un million de francs par an au minimum.

De plus, la facilité de l'emmagasinage permet de conserver des lots de cartons qui, avec l'ancien système, auraient dû, faute de place, être vendus pour le pilon.

Rapport de M. BRÛLL sur un **graisseur automoteur continu**, présenté par MM. MILLOCHAU, BERNARD ET Cie, à Nanterre (Seine).

C'est un graisseur pour les mécanismes, surtout des grands moteurs, dont le principe est une pompe actionnée par la vapeur qui aspire l'huile à travers un filtre et la refoule dans les herses de distribution sous une pression qui peut aller jusqu'à 15 *kg* par centimètre carré. La distribution de la vapeur dans le cylindre se fait par le moyen d'un robinet à quatre voies. Un pointeur-régulateur règle le débit de la pompe suivant les besoins.

Cet appareil est déjà appliqué sur un certain nombre de puissants moteurs à vapeur et donne de très bons résultats.

Rapport de M. PECTOR sur **les imitations de fruits** de M. J. LANDSMANN.

Ce sont des fruits en marbre poli et peints pour collections.

Propriétés magnétiques des aciers trempés, par Mme SKLODOWSKA CURIE.

L'objet de ce travail est d'étudier l'influence de la composition chimique des aciers sur leurs propriétés magnétiques et la manière dont ces propriétés sont modifiées par la trempe.

On a généralement opéré sur des barreaux de 20 *cm* de longueur avec une section carrée de 1 *cm* de côté.

Pour caractériser les propriétés magnétiques d'un barreau, on aimantait ces barreaux à saturation et on déterminait pour chacun d'eux : 1° le champ coercitif et 2° l'intensité d'aimantation remanente au milieu du barreau.

L'auteur entre dans des détails circonstanciés sur la manière dont ces déterminations ont été faites et donne sous forme de tableaux les résultats obtenus dans ces essais. Comme ces résultats ne peuvent pas être résumés sous une forme suffisamment concise, nous devons renvoyer au mémoire ceux de nos Collègues que la question intéresserait particulièrement.

Sur **les instruments vérificateurs des filetages**, système français, par M. MARRE.

L'auteur donne d'intéressants détails sur la vérification des vis et écrous-types du système français et sur les procédés employés pour les confectionner. Il a été conduit à adopter les types trempés qui, tout en se prêtant à une exécution plus précise, mais plus coûteuse, sont susceptibles d'une usure moins rapide.

Les vis-types trempées sont faites en acier de cémentation, les écrous-types de même. On peut dire que le système français, tel qu'il est adopté, permet d'établir des types représentant les profils théoriques, du moins dans les vis, toutes les parties du profil étant facilement vérifiables ; c'est là une supériorité réelle sur tous les systèmes de filetage dont les profils présentent des arrondis que l'on ne peut pas vérifier.

Cette note est suivie de renseignements très détaillés extraits d'une notice que la Société Alsacienne de constructions mécaniques vient de publier relativement aux outils de taraudage pour les vis du filetage français.

Notes de mécanique. — Nous signalerons dans ces notes une description des magasins de charbon de la Tamarack Mining Cy sur le lac Michigan, avec les engins de manutention qui les desservent, celle de la presse Gledhill pour forger les plaques de blindage, employée dans les ateliers Whitworth, une note de M. Schmidt sur la désincrustation des chaudières par la vidange après refroidissement. Cette dernière contient des renseignements d'un grand intérêt sur ce procédé employé d'abord à Montières, près Amiens, par M. Savreux et modifié ensuite à la Société linière d'Amiens. Avec quelques précautions, on arrive, sans l'emploi d'aucun désincrustant, à n'avoir jamais aucune incrustation adhérente ni dans les chaudières à bouilleurs, ni dans les chaudières tubulaires. Ce système nécessite, il est vrai, pour les batteries de un ou deux générateurs, un générateur de relai, mais la présence de ce générateur est désirable, car elle offre une garantie contre les chômages en cas de réparations.

ANNALES DES MINES

1re livraison de 1898.

Étude sur **la statistique des accidents dans les mines allemandes,** par M, Maurice Bellom, Ingénieur des Mines.

Cette statistique embrasse la période de neuf années, comprise du 1er juillet 1885, date de la création de la Corporation minière allemande instituée pour l'ensemble de l'Empire allemand, par application de la loi de 1884 sur l'assurance contre les accidents, au 1er janvier 1895.

Cette statistique est envisagée à un double point de vue, le point de vue technique et le point de vue financier. Elle comprend les mines de houille, les mines de lignite, les mines métalliques, les mines de sel et les autres exploitations minérales. La statistique technique donne la statistique des accidents par sexe, par âge, d'après le lieu, l'époque, les suites, les circonstances et la cause de l'accident, la nature de la blessure.

Chacune de ces parties est examinée successivement en détail.

La statistique financière donne les charges supportées par la Corporation minière pendant la période, avec des détails figurés sur des tableaux et des diagrammes. Il en ressort des faits intéressants au double point de vue de la prévention et de la réparation des accidents et il s'en dégage des enseignements qui montrent l'intérêt qui s'attache à l'établissement de statistiques spéciales à des branches d'industries déterminées pour une période d'une durée suffisante à côté de statistiques générales relatives à l'ensemble des entreprises d'un pays.

Note sur la réglementation des **emplois de l'électricité dans les mines à grisou,** en Belgique et en Westphalie, par M. Leproux, Ingenieur des Mines.

Les applications de l'électricité, soit pour l'éclairage, soit pour le transport de l'énergie, se sont développées depuis plusieurs années dans les mines, et ces applications peuvent créer certains dangers dans les mines de combustibles et spécialement dans les mines à grisou.

Aussi la question n'a-t-elle pas manqué de préoccuper les autorités chargées de la police des mines, et il en est résulté l'établissement de mesures de sécurité et de règlements.

La note dont nous nous occupons expose les dispositions prises à cet égard en Belgique et en Westphalie.

Il est à remarquer que, dans ces deux contrées, les applications de l'électricité dans les mines sont encore très peu répandues; les seuls dangers dont on ait eu à se préoccuper sérieusement sont les dangers d'incendie et ceux de secousses par attouchement; les prescriptions imposées à cet égard ne diffèrent pas de celles qui ont été reconnues nécessaires pour les installations industrielles de la surface.

Quant au danger d'explosion de mélanges gazeux ou de poussières, on ne s'en est guère jusqu'ici préoccupé que pour la forme. Les précau-

tions prises consistent dans l'enveloppement rigoureux des parties susceptibles de donner des étincelles dans l'emploi de courants polyphasés et de moteurs sans balais. Le régime de l'autorisation préalable a été adopté, mais avec des règles plus étroites en Belgique qu'en Westphalie, ce qui tient, très probablement, à ce que les dangers dus au grisou sont plus connus et plus redoutés dans le premier de ces deux pays que dans le second.

Ce mémoire est accompagné de plusieurs annexes qui présentent un très grand intérêt; une notice sur quelques mines grisouteuses du district de Dortmund possédant des installations électriques; les règlements belges sur l'emploi de l'électricité dans les mines, minières, carrières et usines réglées par la loi du 16 avril 1810, le règlement établi par l'Union des électriciens allemands, 1896, etc.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Janvier 1898.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 8 janvier 1898.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Brustlein, directeur des usines J. Holtzer et Cie, répondant à la lettre de M. de Montgolfier insérée au précédent procès-verbal.

Communication de M. Duclos sur **la géologie et les exploitations en Chine.**

Cet intéressant travail comprend les questions suivantes :

1° Étude de la Chine au point de vue géographique et politique, surtout en ce qui concerne les trois provinces explorées par l'auteur en sa qualité de membre de la mission envoyée en Chine par la Chambre de commerce de Lyon;

2° Esquisse géologique relative à ces trois provinces;

3° Leurs richesses minérales;

4° Méthode d'exploitation des mines;

5° Procédés métallurgiques.

Les richesses minérales sont abondantes; outre le fer et la houille qui existent à peu près partout, on rencontre tous les métaux usuels : le mercure, l'or et l'argent, le sel et le gypse.

L'exploitation est assez primitive, elle a presque toujours lieu à flanc de coteau. Sauf dans des cas particuliers, l'exploitation est libre; il n'existe pas de réglementation générale, quelquefois il faut payer une redevance proportionnelle à la production. Certains produits sont l'objet de monopoles gouvernementaux et les exploitants doivent les livrer aux mandarins à des prix que ceux-ci fixent eux-mêmes.

Les procédés métallurgiques sont également très primitifs.

Les conclusions de l'auteur sont que la race chinoise a une vitalité extraordinaire et que le pays est très bien pourvu par la nature.

Le Chinois est obligé d'emprunter nos progrès matériels et son évolution vers la grande industrie est imminente. Il vaut mieux présider à cette évolution et la guider que d'assister impassibles aux efforts faits en ce sens par nos voisins.

District du Nord.

Séance du 14 novembre 1897 à Lille.

Communication de M. Eugène Bertrand sur **l'origine de la houille.**

L'auteur présente quelques faits de conservation extraordinaire observés dans certains charbons réduits en plaques minces, ces faits l'ont engagé à appliquer l'anatomie végétale à l'examen des charbons.

Il examine d'abord les charbons d'algues, c'est-à-dire des charbons formés par l'accumulation de petits végétaux semblables aux fleurs d'eaux qui vivent dans les eaux superficielles des mares et des lacs.

Les charbons qui en proviennent contiennent la gelose, matière riche en produits pectiques, laquelle leur a permis d'acquérir leurs propriétés caractéristiques. On constate également dans ces charbons des imprégnations bitumineuses tardives, et la gelose des algues a agi comme corps retenteur de certains carbures d'hydrogène. Nous rappellerons que les charbons d'algues sont bien connus dans l'industrie, ce sont les bogheads.

Les charbons les plus simples qui puissent se former sont les charbons humiques formés de gelée brune sans intervention d'organismes végétaux ou de corps accidentels. Ces charbons sont les schistes bitumineux.

Une troisième classe provient d'une gelée très chargée de produits stercoraux, l'eau génératrice ayant les caractères d'un purin. Ce charbon est très chargé de coprolithes, d'os et d'écailles qui se sont imprégnés de bitume. Ce sont les schistes bitumineux de l'Allier.

Ces exemples de charbons simples apprennent à connaître la formation des charbons plus complexes, surtout si on considère combien était minime la cause qui déterminait les caractères spécifiques d'un charbon. On peut ainsi arriver à expliquer, très logiquement la formation des houilles. L'auteur rappelle que c'est l'étude de la houille d'Hardinghem qui a été le point de départ de ses recherches. L'examen d'un échantillon remarquable lui a fait voir que les nodules de cette houille étaient bien des tissus végétaux. Une cause tout à fait secondaire, la cristallisation du calcaire, a suffi, en déplaçant très légèrement les molécules des parois de cellules végétales pourries, à masquer la structure des tissus au point de les rendre méconnaissables.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de décembre 1897

Les écoles d'art professionnel et l'enseignement de l'art décoratif. Conférence faite dans la séance du 27 octobre 1897 par M. André Michel.

Note sur les **plantes disparues** et stations botaniques du rayon de Mulhouse détruites dans le cours des cinquante dernières années, par M. A. Benner.

La disparition de ces plantes est attribuée par l'auteur aux défrichements, desséchements de marais, déboisements, reboisements, constructions, progrès de l'agriculture et de l'industrie, etc. Il conclut que lorsque la disparition d'une plante est due aux progrès de l'agriculture ou de l'industrie, le botaniste doit s'en consoler facilement; mais qu'il n'en est pas de même si c'est à l'imprévoyance de collègues trop zélés qu'il faut l'attribuer. En Suisse, il existe une Société pour la conservation des plantes rares. Sans aller jusque-là, il serait à désirer que les Sociétés de botanique recommandassent à leurs membres le ménagement des plantes rares, en ne les récoltant qu'en petit nombre sans enlever les bulbes et les racines et surtout en n'indiquant pas leurs stations aux herboristes qui en font commerce.

Rapport sur la **marche de l'École supérieure de chimie industrielle** pendant l'année 1896-97, par M. Ed. Albert Schlumberger.

Le nombre des élèves a été de 79, contre 77, l'année précédente. Sur ce nombre on compte 34 Alsaciens, 3 Vieux-Allemands et 9 Français.

Les recettes se sont élevées à M. 69 477 dont 50 715 fournis par l'écolage et le reste par les subventions de la Ville, de l'État et de la Société industrielle et les dépenses au même chiffre dont M. 36 967 pour les traitements, 26 600 pour le matériel et les frais de cours et le solde pour l'entretien du bâtiment et du mobilier fixe.

Le rapport traite une question délicate, celle de la consécration à donner aux études supplémentaires que font encore pendant une ou deux années à l'École quelques-uns des élèves qui ont accompli leurs trois années d'études régulières. Jusqu'ici, ces élèves allaient demander leur diplôme de docteur à des Universités allemandes ou suisses. Ces Universités, ou du moins quelques-unes, ne sont plus disposées à admettre au doctorat les élèves qui n'ont passé que par une école spéciale et demandent que les candidats aient passé quelques semestres dans une Université ou une école polytechnique.

Au cas où on n'obtiendrait pas l'assimilation de l'École de chimie de Mulhouse aux écoles polytechniques au point de vue des examens à passer pour le doctorat, il serait nécessaire de renoncer à ce recours et l'École devrait donner elle-même, sous forme d'un diplôme spécial, la

consécration de leur quatrième année d'études à ceux de ses élèves qui en auraient été reconnus dignes à la suite d'un examen passé devant une commission désignée à cet effet.

Rapport sur **la marche de l'École de filature et de tissage**, par M. C. DE LACROIX.

Les conditions restent sensiblement les mêmes, l'année scolaire débute avec 55 élèves dont 24 Alsaciens, 2 Vieux-Allemands et 16 Français. Le rapport conclut qu'il est nécessaire de développer la partie pratique de l'enseignement; la difficulté qu'ont les élèves à trouver, à leur sortie de l'école, des places de volontaires leur permettant de compléter les connaissances qu'ils y ont acquises doit engager l'École à s'appliquer à les rendre aptes, dès leur sortie, à occuper des emplois salariés dans des filatures ou des tissages.

Rapport sur **la marche du cours de dessin linéaire**, par M. A. DE GLEHN.

Dans l'année 1896-1897, le cours a été suivi par 25 élèves pour la première division et 149 pour la seconde; ces chiffres sont légèrement supérieurs à ceux de l'année précédente et, de plus, les élèves ont fourni une plus grande somme de travail, à en juger par le nombre des dessins exécutés, 2945 au lieu de 2750.

Rapport sur **la marche du cours de dessin de figure et d'ornement**, par M. A. HAENSLER.

Les cours ont été fréquentés par 159 élèves dont 49 dessinateurs, 32 graveurs, 11 lithographes, 19 sculpteurs et 9 peintres décorateurs, les autres spécialités ne représentent chacune que des nombres insignifiants, de 1 à 4. La section d'art industriel a été fréquentée par 36 élèves dont 19 dessinateurs et 17 graveurs.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 6. — *5 février 1898.*

Application de la vapeur surchauffée, par M. F. Gutermuth.

Grue à manœuvre électrique, par Ch. Eberle *(fin)*.

L'enseignement technique en Suède, par Th. Buckert.

Groupe du Haut Palatinat et de Saarbruck. — Allumage des becs de gaz à distance.

Correspondance. — Formes des dents d'engrenage.

N° 7. — *12 février 1898.*

Nouveaux chemins de fer à crémaillère, par E. Bruckmann.

Les chaudières et moteurs à vapeur à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne, à Leipzig en 1897, par Fr. Freytag *(suite)*.

Stabilité d'une cheminée en maçonnerie, par J. Gochel.

Groupe de Berg. — Marteau à ressort pneumatique. — Expériences faites à Hambourg sur la résistance au feu des colonnes en fer, fonte ou bois. — Construction de chemins de fer dans l'Afrique méridionale allemande.

Bibliographie. — Construction électro-mécanique, par G. Kapp. — Principes de la conservation de l'énergie et ses applications dans les sciences naturelles, par H. Janaschke.

N° 8. — *19 février 1898.*

Expériences sur une machine élévatoire à triple expansion pour le service des eaux de la ville de Saint-Gall, par A. Stodola.

Machines à faire les rainures de clavettes dans les moyeux de roues, poulies, etc., par H. Fischer.

Locomotives à quatre cylindres à mécanismes distincts et rapports d'admission dans les machines compound, par Leitzmann.

Groupe de Magdebourg. — Les inventions d'Otto de Guéricke.

Groupe de Bavière. — La flotte allemande et son développement technique.

Correspondance. — Toitures en dents de scie.

N° 9. — *26 février 1898.*

Les chaudières et moteurs à vapeur à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne à Leipzig, en 1897, par Fr. Freytag *(suite)*.

Expériences sur une machine élévatoire à triple expansion pour le service des eaux de la ville de Saint-Gall, par A Stodola *(suite)*.

Machines à faire les rainures de clavettes dans les moyeux des roues, poulies, etc., par H. Fischer *(fin)*.

Recherches sur la question des résistances à la traction apparente et réelle, notamment dans les essais de ciments, par C. Bach.

Groupe de Poméranie. — Le paquebot *Kaiser Wilhelm der Grosse.* — Les petits chemins de fer en Poméranie.

Bibliographie. — Les ponts à l'époque actuelle, par F. Heinzerling.

Variétés. — Explosions de chaudières. — Les écoles techniques supérieures dans l'Empire allemand pendant le semestre d'hiver de 1897-1898.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. MALLET.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 5466-3-98. — (Encre Lorilleux).

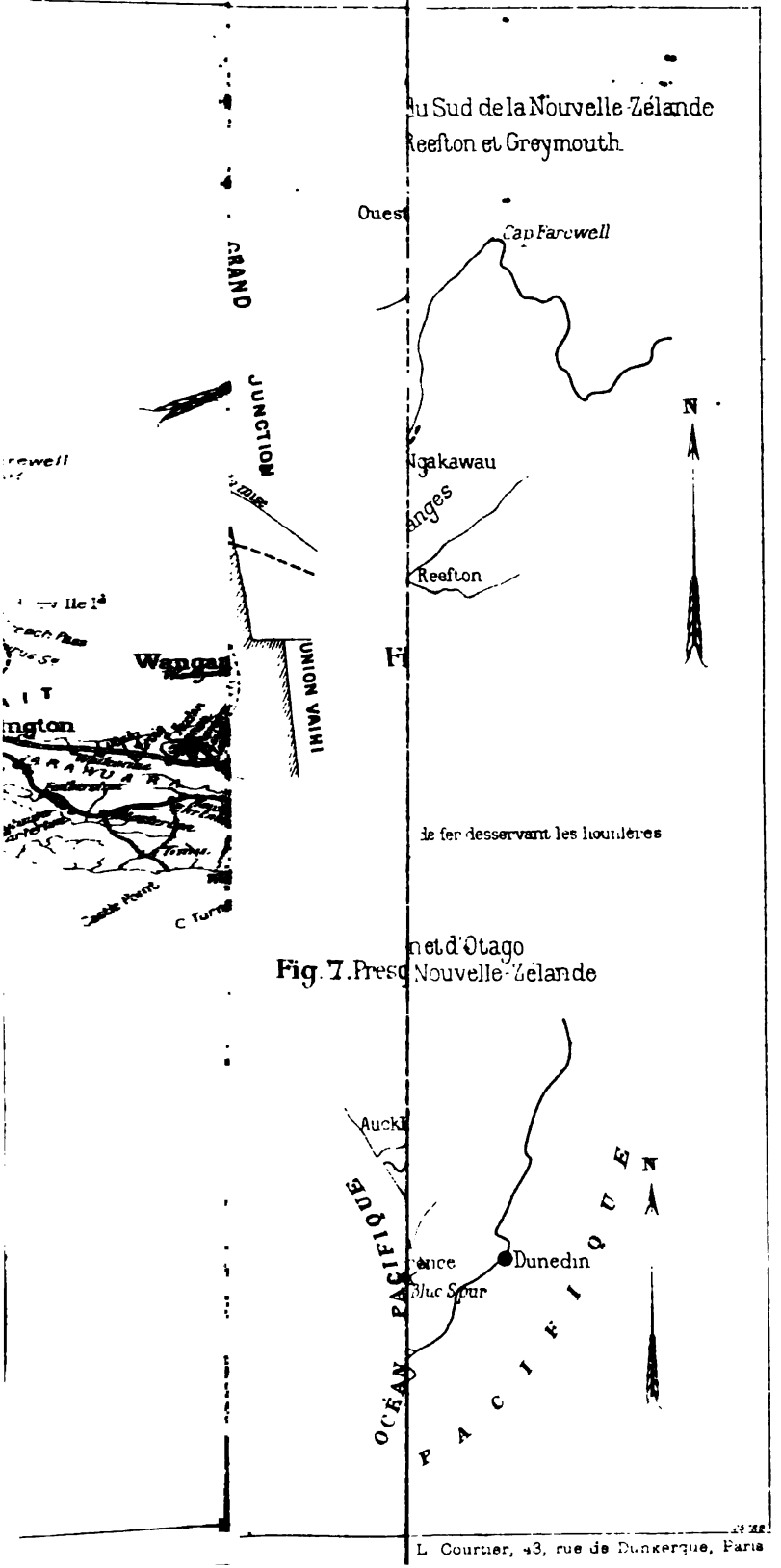


Fig. 7. Presq et d'Otago Nouvelle-Zélande

L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MARS 1898

N° 3.

Sommaire des séances du mois de mars 1898 :

1° *Décès* de MM. E.-J.-E. Baril, Ch. Bricogne, P.-A. Gottschalk, Alfred Lambert, Ch.-E. Martin, V. Mendez, A.-A. Renault, A. Peneaud (Séances des 4 et 18 mars), pages 264 et 275;

2° *Dons volontaires de MM. R. Grosdidier et P. Gadot* (Séances des 4 et 18 mars), pages 265 et 276;

3° *Legs de 10 000 f fait à la Société par M. A. Gottschalk* (Séance du 4 mars), page 265;

4° *Exposition internationale universelle à Dijon, de juin à octobre 1898* (Séance du 4 mars), page 265;

5° *Exposition d'architecture et du génie civil à Prague* (Séance du 4 mars), page 265;

6° *Travaux publics à l'étranger.* — Communiqués du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes (Séance du 4 mars), page 265;

7° *Congrès à Zurich, en mai 1898, pour l'adoption du système métrique pour le filetage des vis d'assemblage* (Séance du 4 mars), page 266;

8° *Cinquantenaire de la Société* (Programme de la célébration) (Séance du 4 mars), page 266;

9° *Souscription ouverte en vue des fêtes du Cinquantenaire de la Société* (Séance du 4 mars), page 267;

10° *Construction des fortifications de Syou-Ouen (Corée)*, par M. Henri Chevalier (Séance du 4 mars), page 267;

11° *Congrès des habitations à bon marché, à Bruxelles, en 1897* (Compte rendu du), par M. E. Cacheux (Séance du 4 mars), page 268;

12° *Navigation aérienne* (La), par M. Duroy de Bruignac et réponse de M. R. Soreau (Séance du 4 mars), pages 270 et 272;

13° *Nomination de M. E. Cacheux comme membre de la Commission chargée de propager l'enseignement professionnel des pêches maritimes dans les écoles primaires du littoral* (Séance du 18 mars), page 275;

14° *Décoration* (Séance du 18 mars), page 275;

15° *Nomination de Membres de la Société, comme Membres de bureaux des Comités d'admission à l'Exposition universelle de 1900* (Séance du 18 mars), page 275;

16° *Congrès de l'Iron and Steel Institute, les 5 et 6 mai 1898, à Londres, et les 26 et 27 août 1898 à Stockholm* (Séance du 18 mars), page 276;

17° *Congrès des pêches maritimes, à Dieppe, du 1er au 5 septembre 1898.* Délégués de la Société, MM. Cacheux, Dubar, Duchesne, Dumont, Honoré et Pérard (Séance du 18 mars), page 276;

18° *Congrès de l'Association des chimistes de sucreries et de distilleries, à Douai, les 30 mars, 1er et 2 avril 1898.* Délégués de la Société, MM. Chardon, Delaroière, Derennes, Gallois, Hignette, Horsin-Déon, Jannettaz, Maunoury et Vivien (Séance du 18 mars), page 276;

19° *Lettres de M. le Prince Chilkoff et de M. le Major Général de Wendrich* (Séance du 18 mars), page 276;

20° *Exposition à Prague, du 15 juin au 15 septembre. Lettre de M. le Consul de France* (Séance du 18 mars), page 276;

21° *Lettre de M. J. Gaudry* (décès de M. Ch. Bricogne) (Séance du 18 mars), page 277;

Lettre de M. H. Chapmann (décès de M. Gottschalk) (Séance du 18 mars), page 278;

22° *Guide pratique du chimiste métallurgique et de l'essayeur* (Analyse de l'ouvrage de M. Louis Campredon, Le), par M. P. Chalon (Séance du 18 mars), page 278;

23° *Assainissement comparé de Paris et des grandes villes de l'Europe* (Analyse de l'ouvrage de MM. Badois et Bieber sur l'), par M. E. Chardon et observations de MM. S. Périssé, E. Badois, Ch. Decaux, Petit de Forest, F. Marboutin (Séance du 18 mars), page 280;

Mémoires contenus dans le bulletin de mars 1898 :

24° *Rapport sur le Congrès international des habitations à bon marché tenu à Bruxelles en juillet 1897*, par M. E. Cacheux, page 291;

25° *Les fortifications de Syou-Ouen (Corée)*, par M. Henri Chevalier, page 304;

26° *Remarques sur le problème de la navigation aérienne*, par M. Duroy de Bruignac, page 313;

27° *Réponse aux remarques sur « le problème de la navigation aérienne »*, par M. R. Soreau, page 332;

28° *Notes de nos correspondants de province et de l'étranger. — Les industries minières et métallurgiques dans le sud de la Russie*, par M. Aumard, page 350;

29° *Notice nécrologique sur M. L. Gottschalk, ancien Président de la Société*, par M. F. Reymond et discours prononcés à ses obsèques, par MM. F. Reymond, A. Loreau, E. Chabrier, E. Trélat, Metzger, A Picard et Orsel, page 355;

30° *Discours prononcé aux obsèques de M. Ch. Bricogne*, par M. G. du Bousquet, ancien Président de la Société, page 378;

1° *Paroles prononcées aux obsèques de M. Ernest Baril, architecte de la Compagnie générale des Omnibus*, par M. R. Soreau, Secrétaire de la Société, page 383;

32° *Chronique* n° 219 par M. A. Mallet, page 384;

33° *Comptes rendus*, — page 395;

Pendant le mois de mars 1898, la Société a reçu :

37308 — De la Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin. *Die Lebensbedingungen der modernen Chemischen Industrie. Rede zum Geburtsfeste Seiner Majestät des Kaisers und Königs Wilhelm II, in der Aula der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin am 26 Januar 1898 gehalten von dem zeitigen Rektor Otto N. Wit* (grand in-8° de 16 p.). Berlin, Deuter und Nicolas, 1898.

37309 — Du Government of Bengal. *Revenue Report of the Public Works Department, Irrigation Branch, Bengal, for the year 1896-97*. Calcutta, Bengal Secretariat Press, 1897.

37310 — De la Société d'Économie politique. *Bulletin de la Société d'Économie politique. Année 1897. Table décennale 1888-1897*. Paris, Guillaumin et Cie.

37311 — De l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale. *Annuaire de l'Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des Arts et Manufactures. 1832-1897*. Paris, Siège social, 1898.

37312 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Théorie des opérations financières, par H. Laurent* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (petit in-8° de 166 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils. G. Masson, 1898.

37313 — De M. J. Dubuisson (M. de la S.). *Histoire des labyrinthes par Émile Amé* (in-4° de 25 p.), avec 4 fig. et 1 pl.). Paris, E. Morel et Cie, 1857.

37314 à 37316 — Dito. *Les carrelages émaillés du moyen âge et de la Renaissance précédés de l'histoire des anciens pavages : mosaïques, labyrinthes, dalles incrustées, par Émile Amé* (in-4° de 86 p. avec 34 fig. et 39 pl.; in-4° de 12 p. avec 5 pl. et in-4° de 7 p. avec 2 pl.). Paris, E. Morel et Cie, 1857 et 1859.

37317 — Dito. *Les Ponts de l'Amérique du Nord. Étude, Calcul, Description de ces ponts, Comparaison des systèmes américain et européen, par L. A. Camolli* (texte in-4° de 247 p. avec 213 fig.) (Manque l'atlas in-4° oblong de 50 pl.). Paris, Ambroise Lefèvre, 1879.

37318 — De l'Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Bruxelles. *Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Bruxelles. École Polytechnique. Liste des membres. 1898* (in-8° de 18 p.). Bruxelles, H. Mommens.

37319 — De M. H. Darcy. *Congrès des accidents du travail. Question I. État actuel de la question des accidents du travail en France, par H. Darcy* (in-8° de 68 p.). Paris, Comité central des Houillères de France, 1898.

37320 — Dito. *La loi des accidents du travail devant le Sénat en 1898, par H. Darcy* (grand in-8° de 75 p.). Paris, Comité des Houillères de France, 1898.

37321 — De M. L. Royer (M. de la S.). *Tables d'emploi des solives* I *en acier de tous profils pour planchers, par L. Royer* (une feuille, format 450 × 570). Paris, F. Leforestier.

37322 — Dito. *Tables d'emploi des solives* I *en fer de tous profils pour planchers, par L. Royer* (une feuille, format 450 × 570). Paris, F. Leforestier.

37323 — De l'American Society of Civil Engineers. *American Society of Civil Engineers. December 1897. Transactions, vol. XXXVIII.* New-York, Published by the Society, 1898.

37324 — De M. R. Godfernaux (M. de la S.). *Système électro-pneumatique Westinghouse, et son application à la nouvelle gare terminus du chemin de fer de Philadelphia and Reading, à Philadelphie, par Raymond Godfernaux* (in-4° de 28 p. avec 3 pl.) (Extrait de la Revue générale des chemins de fer, numéro de décembre 1897). Paris, P. Vicq-Dunod, 1898.

37325 à 37328 — De M. Vierendeel. *Exposition universelle de 1897, à Bruxelles. Le Pont système Vierendeel. Expériences de Tervueren. Notes pour le jury du concours Somzée* (petit in-4° de 75 p. avec annexes I à XVII, pl. I à VII et 3 phot.). Bruges, Charles Houdmont, 1898.

37329 à 37350 — De M. E. Cacheux (M. de la S.). *Documents sur les Congrès des habitations à bon marché tenus à Anvers en 1894 et à Bruxelles en 1897* (22 brochures).

37351 — De M. H. Chevalier (M. de la S.). *Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Pau, 1892. Sur un mode particulier de cuisson des briques usité dans certaines parties de l'Afrique centrale, par Édouard Blanc* (in-8° de 7 p.). Paris, au Secrétariat de l'Association.

37352 — Dito. *Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Besançon, 1893. Sur la cuisson de l'argile au contact de la vapeur d'eau, par M. Édouard Blanc* (in-8° de 5 p.). Paris, au Secrétariat de l'Association.

37353 et 37354 — De M. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Petite Encyclopédie pratique du Bâtiment, publiée sous la direction de L.-A. Barré, n° 1. Terrassements, fondations, échafaudages, chantiers, etc.; n° 2. Matériaux de construction, emploi et résistance* (2 vol. in-16 de 160 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1898.

37355 — De l'Association française pour l'avancement des sciences. *Association française pour l'avancement des sciences. Conférences de Paris, 26e session. St-Étienne 1897, 1er partie.* Paris, au Secrétariat de l'Association, 1898.

37356 — De M. Salvador Echagaray. *Tratado de Topografia por el Ingenior Salvador Echagaray. Tomo primero. Instrumentos.* (in-8° de 502 p. avec 32 pl.).México, Oficina de la Tip. de la Secretaria de Fomento, 1897.

37357 à 37364 — De M. Ramon Fernandez (M. de la S.). *Carta de la República Mexicana a la 100 000a* (8 fes format 660 × 960).

37365 — Dito. *Carta topografica general de los alrededores de Puebla* (1 fe format 630 × 900).

37366 — De M. E. Ducher, éditeur. *Traité pratique et juridique de l'arbitrage et de l'expertise, avec la jurisprudence, par Henri Ravon* (grand in-8° de III-336 p.). Paris, E. Ducher, 1898.

37367 — De M. L. Durassier (M. de la S.). *Le Congrès de la protection ouvrière à Zurich en 1897, par Léon Durassier* (Extrait du Bulletin de la Société de protection des apprentis et des enfants employés dans les manufactures) (in-8° de 33 p.). Paris, au siège de la Société, 1898.

37368 et 37369 — De MM. Georges Fanchon, éditeurs et A. Moreau (M. de la S.). *Encyclopédie théorique et pratique des connaissances civiles et militaires. Publiée sous le patronage de la Réunion des Officiers. Partie civile. Cours de construction. Publiée sous la direction de G. Oslet. Dixième partie. Traité des Chemins de fer, par Auguste Moreau. Tome III. Matériel et traction* (grand in-8° à deux colonnes de 918 p. avec 1 987 figures). *Tome IV. Locomotives compound. Locomotives étrangères, freins, chauffage, éclairage et ventilation des voitures à voyageurs* (grand in-8° à deux colonnes de 768 p. avec 1 362 fig.). Paris, Georges Fanchon.

37370 — Du Ministère des Travaux publics. *Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer. Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1896. Documents principaux.* Paris, Imp. Nat. 1897.

37371 — De M. H. Thuile (M. de la S.). *Société d'étude des trains internationaux. De la vitesse des trains rapides. Locomotives à grande vitesse, système E.-J.-B. Fouré et Thuile. Conférence faite le 1er Décembre 1897 à l'Association amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures, groupe d'Égypte, par H. Thuile* (grand in-8° de 56 p. avec 1 pl.). Alexandrie L. Carrière, 1898.

37372 — De l'Institution of Civil Engineers of Ireland. *Transactions of the Institution of Civil Engineers of Ireland. Sixty-thir Session, to May, 1897. Vol. XXVI.* Dublin, Printed for the Institution, 1897.

37373 — De M. H.-P.-N. Halbertsma (M. de la S.). *Das Wasserwerk zu Tilburg (Niederlande) von H.-P.-N. Halbertsma* (pages 90 à 94 du Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. XLI Jahrg. N° 6, Februar 1898). München, R. Oldenbourg.

37374 — De M. Éd. Simon (M. de la S.) *Congrès international des accidents du travail. 2e session tenue à Berne du 21 au 26 septembre 1891. Rapports et Procès-verbaux publiés par les soins du Comité suisse d'organisation* (grand in-8° de XXIII-797 avec appendice de 55 p.). Berne, Karl Staempli et Cie, 1891.

37375 et 37376 — Dito. *Congrès international des accidents du travail et des assurances sociales. Troisième session tenue à Milan du 1er au 6 octobre 1894. Tome premier, Rapports, publiés par les soins du Comité italien d'organisation* (grand in-8° de 963 p.). *Tome second, Procès-verbaux des séances, et communications présentées au Congrès publiés par les soins du Comité italien d'organisation* (grand in-8° de 571 p.). Milan, Henri Reggiani, 1894 et 1895.

37377 — Dito. *Congrès international des accidents du travail et des assurances sociales. Quatrième session tenue à Bruxelles du 26 au 31 juillet 1897. Rapports, Procès-verbaux des séances, et communications présentées au Congrès, publiés par les soins du Comité belge d'organisation* (grand in-8° de XLV-997 p.). Bruxelles, P. Weissenbruch, 1897.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de Mars 1898, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

P. Armingeat,	présenté par MM.	Armengaud, Méry-Picard, Picou.
Ch. Bellens,	—	Dumont, Mesureur, de Chasseloup-Laubat.
P. Bouhey,	—	Jannettaz, Marboutin, Goldberg.
A. Boyer-Guillon,	—	Bidet, Le Roy, Wehrlin.
P.-A. Bursaux,	—	Molinos, Rey, Ferrière.
F. Cottarel,	—	Bouniol, Grisel, E. Pettit.
G. Gadot,	—	Auderut, Gallas, A. Imbert.
A.-B. Gosse,	—	Buquet, Bertrand de Fontviolant, Hegelbacher.
G.-A. Lambert,	—	Loreau, Badois, Rey.
E.-E. Marchand,	—	Delmas, G. Petit, Richou.
L.-J. Miguet,	—	Rey, Debar, Mondollot.
H. Moine,	—	Ameline, Chevrier, Morandiere.
G. Philippart,	—	E. Bert, Jannettaz. Le Roy.
L.-H. Royer,	—	Digeon, Escande, Lelubez.
G. Savin,	—	Loreau, Duchesne, Niclausse.
J.-B.-L. Vidal-Beaume,	—	Bougarel, de Faramond de Lafajol, de Dax.

Comme Membre associé, M. :

A. Salles, présenté par MM. Duchesne, Niclausse, Piaud.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1898

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 4 MARS 1898

PRÉSIDENCE DE M. A. LOREAU, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer les décès d'un nombre malheureusement grand de Collègues :

M. E.-J.-E. Baril, Membre de la Société depuis 1879, Ingénieur-Architecte en retraite de la Compagnie Générale des Omnibus;

M. Ch. Bricogne, Membre de la Société depuis 1848, a été Ingénieur en chef du matériel roulant de la Compagnie du Chemin de fer du Nord, chevalier de la Légion d'honneur;

M. P.-A. Gottschalk, Membre de la Société depuis 1857, Président en 1880, Membre du Conseil de Perfectionnement de l'Ecole Centrale, Membre du Conseil du Réseau des Chemins de fer de l'Etat, Membre du Comité Consultatif et du Comité Technique des Chemins de fer, officier de la Légion d'honneur;

M. Alfred Lambert, Membre de la Société depuis 1880, a été attaché au service d'exploitation des chemins de fer à voie étroite du département de l'Eure, Ingénieur-Directeur des chemins de fer à voie étroite du Cambresis;

M. Ch.-E. Martin, Membre de la Société depuis 1880, a été dessinateur au bureau des études du matériel roulant au Chemin de fer du Nord, et Directeur de l'usine de MM. Desouches, David et Cie, constructeurs de matériel de chemins de fer;

M. V. Mendez, Membre de la Société depuis 1882, a été Député au Corps législatif du Mexique et Directeur du Chemin de fer de Vera-Cruz à Alvarado (Mexique);

M. A.-A. Renault, Membre de la Société depuis 1887, a été Constructeur de voitures et Juge au Tribunal de Commerce.

M. LE PRÉSIDENT doit s'arrêter sur quelques noms de cette longue liste, et d'abord sur celui de M. Gottschalk. On sait les sympathies qui entouraient notre ancien Président; elles se sont manifestées à ses obsèques par la grande affluence des assistants. On sait aussi le succès avec lequel M. Gottschalk a porté à l'étranger le renom de la France; il fut un de ces Ingénieurs qui, partout où ils sont en mission, trouvent la place qui leur est due, en raison de leurs mérites, de la profondeur de leurs sciences et de l'étendue de leurs connaissances. Ces témoignages ont été rendus sur la tombe de M. Gottschalk par M. Metzger, Directeur des Chemins de fer de l'État; par M. Reymond, ancien Directeur de l'École Centrale au nom de cette École; par M. Loreau, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, au nom de la Société; par M. Chabrier, au nom de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale; par M. Émile Trélat, au nom des amis. M. Alfred Picard, devant le Comité Consultatif des Chemins de fer qu'il préside, et M. l'Inspecteur général Orsel, devant le Comité Technique des Chemins de fer ont, dans les séances qui ont suivi la mort de M. Gottschalk, fait ressortir l'importance que ces Comités supérieurs attachaient aux avis de notre ancien Président. Tous ces témoignages de haute estime et tous ces éloges seront réunis dans une Notice nécrologique que publiera notre Bulletin. Mais nous devons encore un hommage spécial à notre ancien Président. Il a, en effet, montré une grande affection pour la Société et, dans son testament, il a déclaré que, parmi d'autres dons, il laissait une somme de 10 000 *f* à la Société des Ingénieurs Civils de France. Elle lui en restera profondément reconnaissante.

M. le Président rappelle ensuite que M. Bricogne était Membre de la Société depuis sa fondation; M. du Bousquet a prononcé sur sa tombe un discours où il a retracé, comme elle le mérite, cette belle carrière d'Ingénieur.

M. Baril avait, dans ses dernières volontés, exprimé le désir que la Société des Ingénieurs Civils de France fût représentée à ses obsèques. M. R. Soreau a bien voulu remplir cette mission; il a prononcé des paroles qui seront reproduites au *Bulletin* et auxquelles s'associeront certainement les Membres de la Société.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître que M. R. Grosdidier, en envoyant à la Société le montant de sa cotisation annuelle, y a joint, comme les années précédentes, la somme nécessaire pour parfaire, jusqu'à concurrence de 100 *f* le montant de son envoi. Il remercie vivement notre Collègue pour ce nouveau don.

M. LE PRÉSIDENT a reçu avis qu'une Exposition internationale universelle aura lieu à Dijon, en 1898, de juin à octobre.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, les communications suivantes :

1° Une note au sujet de l'Exposition d'architecture et du génie civil qui aura lieu prochainement à Prague, comme il a été déjà annoncé à

une précédente séance ; cette note rédigée par M. Valois, Consul de France à Prague, donne l'énumération des objets pouvant surtout, à son avis, être vendus en Bohême et en Moravie ;

2° Un rapport du Consul de France à Batavia signalant le développement de la construction des tramways et des travaux publics aux Indes néerlandaises et invitant les usines françaises à se faire représenter à Java ;

3° Une note de M. Wiener, chargé de mission dans l'Amérique du Sud, relative à la vente d'une ligne de tramway rural dans la République Argentine.

Ces documents peuvent être consultés au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le Comité d'action suisse pour l'unification des filetages tiendra à Zurich, en mai prochain, un Congrès dans le but d'arriver à la création d'une union internationale pour l'adoption d'un système métrique pour le filetage des vis d'assemblage. M. Ed. Badois, qui a bien voulu se charger de rédiger un rapport sur les documents qui nous ont été communiqués, engage vivement les Membres de la Société à participer à ce Congrès.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'avant de continuer à suivre l'ordre du jour, il lui reste à faire une communication agréable. C'est aujourd'hui, 4 mars 1898, jour pour jour, qu'a été, il y a cinquante ans, fondée notre Société.

Le Comité a pensé que c'était l'heure de s'occuper d'une façon effective de la célébration du Cinquantenaire. Voici les dispositions qu'il soumet à la Société :

Le Cinquantenaire sera célébré dans les journées des 10, 11, 12 et 13 juin 1898.

Le vendredi 10 juin les invités se réuniront à l'hôtel de la Société le matin. Dans l'après-midi aura lieu la cérémonie du Centenaire du Conservatoire des Arts et Métiers, qui coïncidera avec celle de notre Cinquantenaire. Le détail de cette cérémonie n'est pas encore arrêté, mais M. le Colonel Laussedat, Directeur du Conservatoire, a bien voulu nous faire savoir qu'il serait heureux d'associer à cette fête notre Société dont il est Membre honoraire et qui compte, parmi ses anciens Présidents, Henri Tresca et le général Morin qui ont été, l'un sous-directeur et l'autre directeur du Conservatoire.

Le samedi 11 juin, dans la matinée, réunion dans la salle des séances de la Société, où auront lieu des communications sur l'Exposition de 1900. Dans l'après-midi, rendez-vous au pont d'Austerlitz où l'on s'embarquera sur un bateau ; on descendra la Seine pour se rendre sur les chantiers de l'Exposition où l'on examinera les travaux qui auront été décrits le matin.

Le soir banquet à l'Hôtel Continental.

Le dimanche 12, d'accord avec M. Trélat, président de la Commission du monument Flachat, et avec M. Level, maire du XVII[e] arrondissement où est élevé le monument, aura lieu l'inauguration du monument Flachat. Les membres de la Société seront convoqués à cette cérémonie.

Le lundi 13, séance le matin à la Société ; communications relatives

aux automobiles. Dans l'après-midi, visite à l'Exposition des automobiles qui s'ouvrira précisément ce jour-là, aux Tuileries. Puis retour à la Société, soit à pied, soit en voitures, si les constructeurs désirent faire apprécier les avantages de leurs systèmes.

Un punch d'adieu, servi dans l'Hôtel de la Société, terminera ces réunions.

Pour la même époque paraîtra un exposé des progrès du génie civil depuis 1848 et de la part qu'y ont prise les Ingénieurs de la Société, exposé dont un grand nombre de Collègues ont bien voulu se charger de rédiger les diverses parties.

Pour réaliser ce programme, il faudra faire quelques dépenses. Le Comité a pensé que ces dépenses exceptionnelles devaient être couvertes par des ressources exceptionnelles, et il a décidé l'ouverture d'une souscription.

Il n'y a ni limite ni taux, on acceptera les souscriptions les plus minimes comme les dons importants, qui, il faut l'espérer, seront nombreux.

Déjà, depuis la séance du Comité où cette souscription vient d'être organisée, quatorze Collègues sont inscrits; beaucoup d'autres vont le faire de suite. M. le Président invite en son nom et au nom du Comité tous les Membres de la Société à souscrire, de façon que la Société des Ingénieurs Civils de France continue ses bonnes traditions et reçoive dignement ses invités.

L'ordre du jour appelle la Communication de M. Henri Chevalier sur la *Construction des fortifications de Syou-Ouen (Corée)*.

M. Henri Chevalier dit que sa communication est un résumé de la traduction qu'il a faite d'un rapport officiel coréen dont le titre complet est « Cérémonial de l'achèvement des travaux de Hoa-Syeng ». Ces travaux ont été terminés en 1800 et depuis, la ville a changé son nom en celui de Syou-Ouen. L'ouvrage complet peut se diviser en cinq parties : 1° Fortifications; 2° Constructions diverses; 3° Détails d'architecture; 4° Machines et outils; 5° Fêtes. Malheureusement la moitié de l'ouvrage est perdue et la partie traitant des fortifications est la seule complète.

La ville de Syou-Ouen est traversée du sud au nord sur deux kilomètres environ par la rivière de la Tortue qui passe sous deux ponts fortifiés, elle est entourée de murailles de 20 pieds de haut, couronnées de créneaux et flanquées tous les 150 *m* environ de bastions et de tours. Les murs sont en pierre de taille, il n'y a pas de fossés.

Après avoir décrit les différents types de portes de tours et les ponts, en s'aidant de projections, M. Henri Chevalier expose la méthode usitée en Corée pour la cuisson des briques dans des fours en terre. Lorsque la cuisson est achevée, on introduit dans le four de l'eau qui se vaporise immédiatement et cela pendant plusieurs jours tout en continuant le feu. Au contact de la vapeur surchauffée et peut-être par suite d'une certaine pression, les briques changent de couleur, deviennent bleues, sonores et acquièrent une dureté extraordinaire; leur résistance à l'écrasement peut dépasser 600 *kg* par centimètre carré et elles ne subissent plus les effets des gelées.

M. Henri Chevalier dit ensuite quelques mots des palais et des temples qui ornaient la ville, et fait circuler des dessins montrant les divers détails d'architecture, ainsi que les machines et les outils qui ont été employés à Syou-Ouen.

M. LE PRÉSIDENT adresse tous ses remerciements à M. Henri Chevalier qui fait preuve d'une science indiscutable et peu répandue.

Il donne la parole à M. E. Cacheux pour sa communication sur *le Congrès des habitations à bon marché* tenu à Bruxelles en 1897.

M. E. CACHEUX dit que le deuxième Congrès international des habitations à bon marché, tenu à Bruxelles, au mois de juillet 1897, a été très important au point de vue du nombre et de la qualité des Membres qui ont pris part à ses travaux, mais qu'il a été peu fécond en résultats pratiques. Douze questions devaient y être discutées, et pour mettre les adhérents bien au courant des sujets qu'il était utile d'approfondir, on avait confié à des hommes expérimentés le soin de faire des rapports préparatoires à cet effet. Malheureusement, les rapporteurs n'eurent pas l'occasion de se concerter, et comme on donna le même sujet à traiter à plusieurs d'entre eux, il arriva que leurs conclusions ne furent pas toujours concordantes. Pour ce qui concerne la construction des maisons à étages, les idées furent à peu près semblables, et les règles générales données par M. Cacheux n'ont pas été contredites. Il en a été de même des conclusions de notre Collègue M. Janet, qui a construit à Beauvais une cité modèle, composée de maisons pour une famille. Depuis longtemps, la question des habitations économiques a été mise à l'ordre du jour de nos séances et, dès 1878, notre regretté Président Émile Muller la considérait comme résolue au point de vue théorique, et il ne demandait que de l'argent à un taux modéré pour mettre un nombre suffisant de petits logements convenables à la disposition des travailleurs. Pour activer la réforme des habitations insalubres, Emile Muller demandait la propagation des notions hygiéniques dans les masses, de façon à faire sentir à tous les chefs de famille l'importance d'un bon logement sur la santé des habitants.

A Bruxelles, on a étudié les moyens de se procurer l'argent nécessaire pour construire des habitations à bon marché, et pour détruire les taudis dans lesquels grouillent un grand nombre de travailleurs. Beaucoup de congressistes étaient partisans de l'intervention de l'Etat; mais, après de nombreuses discussions, il a été reconnu qu'on ne pouvait pas compter sur une action bien efficace de sa part. En 1852, le gouvernement français a décidé d'employer une somme de dix millions à la construction d'habitations à bon marché, mais il ne put employer que quatre millions pour atteindre ce but et voyant qu'il n'obtenait pas de bons résultats, il affecta le solde des crédits votés par le Parlement à la création des hospices de Vincennes et du Vésinet.

L'Etat anglais prêta de l'argent au taux de 3 0/0 l'an à des Sociétés qui construisirent de petits logements. Les premières maisons donnèrent des revenus rémunérateurs, mais il n'en fut pas de même quand il en fut construit un certain nombre et les Sociétés renoncèrent à emprunter.

L'Etat peut agir moralement en faisant des enquêtes, en établissant des statistiques, en logeant ses employés, etc., mais c'est au point de

vue législatif qu'il pourra produire le plus de résultats relativement à l'amélioration des habitations.

C'est l'Angleterre qui a promulgué la loi la plus complète concernant l'hygiène de l'habitation, et les divers pays de l'Ancien et du Nouveau Monde adoptent successivement les divers principes qui y ont été inaugurés : le sacrifice du droit de la propriété à l'observation des règles de l'hygiène, l'assimilation du propriétaire de maisons à loyers au marchand de produits alimentaires, etc.

En France, la loi du 30 novembre 1894, due à l'initiative de M. le Sénateur Siegfried, résume les idées des économistes français concernant l'intervention de l'Etat dans la question des habitations à bon marché. La loi, dans l'esprit de ses auteurs, devait mettre à la disposition des constructeurs d'habitations à bon marché de l'argent dans de bonnes conditions. La Caisse des dépôts et consignations a été, en vertu de cette loi, autorisée à prêter sur obligations de l'argent, au taux de 3,25 0/0, aux Sociétés de construction ; mais, jusqu'à présent, elle n'a prêté qu'une somme de *100 000 f*, et elle a refusé de donner suite à de nombreuses demandes qui lui ont été faites, sous prétexte que les garanties offertes n'étaient pas suffisantes. Pour faciliter les prêts, M. Siegfried a créé une Société, au capital de 500 000 *f*, qui prêtera des capitaux au taux de 3 0/0 l'an contre bonnes garanties hypothécaires ; elle mobilisera ses créances au moyen d'obligations que la Caisse des dépôts et consignations lui prendra au taux de 2 0/0. La différence entre l'intérêt de l'argent prêté aux constructeurs et celui du capital qui sera fourni par la Caisse des dépôts et consignations servira à payer les frais d'administration de la Société.

La loi entame notre Code civil, elle donne satisfaction aux disciples de Le Play qui demandaient l'abolition du partage forcé lors du décès d'un petit propriétaire. La Belgique et le Luxembourg suivront bientôt l'exemple donné par la France.

La loi a provoqué la création d'un grand nombre de comités locaux dans divers départements, et M. Cacheux espère qu'ils obtiendront des résultats à bref délai. Il a obtenu de MM. Siegfried, Georges Picot, Cheysson et Challamel qu'ils viendraient rendre compte à la Société des Ingénieurs Civils des résultats de la loi. M. Siegfried parlera de ses avantages en général, M. Picot, des enquêtes, M. Cheysson, de l'action des Sociétés d'assurances, et M. Challamel, des effets de la loi en ce qui concerne les petits héritages.

Les Caisses d'épargne ont été autorisées à consacrer une partie de leurs fonds à provoquer la création de petits logements. En Belgique, la Caisse d'épargne a prêté une somme de 15 000 000 *f* au taux de 2 0/0 à des Sociétés coopératives.

En France, les Caisses d'épargne de Lyon et de Marseille ont suivi cet exemple et d'autres étudient divers projets dans ce but.

M. Cacheux remettra à la Société le compte rendu des travaux du Congrès de Bruxelles dès qu'il paraîtra; en attendant, il se contente de déposer sur le bureau un rapport abrégé de M. le Dr Du Mesnil sur le Congrès de Bruxelles qui contient le texte de la loi belge de 1889 sur les petites maisons et celui de la loi française du 30 novembre 1897 ; il

remet également le rapport de M. Janet sur les maisons à construire dans une petite ville.

Pour son compte, il continuera la campagne en faveur de l'amélioration des petits logements, en s'occupant spécialement de ceux des marins pêcheurs.

En 1896, il a obtenu du Congrès des Sables-d'Olonne un vœu demandant aux Comités locaux des habitations à bon marché, de porter leur attention sur les habitations des marins pêcheurs. Ce vœu a été transmis par M. le Ministre du Commerce au Comité de Dieppe ; on peut espérer qu'au Congrès international des Pêches maritimes qui se tiendra dans cette ville, cette année, du 1er au 5 septembre, on fera connaître les résultats obtenus par le groupe d'hommes dévoués qui s'occupe, dans la Seine-Inférieure, des petits logements.

D'un autre côté, l'enseignement professionnel et technique des pêches maritimes a décidé de mettre au concours la question de l'amélioration des petits logements par la coopération; plusieurs prix importants ont été mis à la disposition du jury qui sera chargé d'examiner les mémoires des concurrents. Parmi les prix qui seront décernés aux lauréats, sont un objet d'art offert par M. le Président de la République, et deux médailles données par la Société française des habitations à bon marché.

La question des habitations à bon marché sera traitée au Congrès d'hygiène qui se tiendra à Madrid du 10 au 17 avril prochain sous la présidence du ministre de l'Intérieur.

Enfin, le Congrès de Bruxelles, avant de se séparer, a décidé que la prochaine réunion internationale des personnes qui s'occupent spécialement des petits logements aurait lieu à Paris, en 1900, et elle a chargé une commission de la préparer.

M. le Président propose aux Membres de la Société de s'associer à lui pour remercier M. Cacheux qui, avec une persévérance infatigable, étudie cette grosse question des logements ouvriers. Elle n'est pas résolue d'une façon complète, mais cependant, on est arrivé à des types qui constituent déjà un progrès, tel celui du logement comportant trois pièces, dont une chambre pour les garçons et une chambre pour les filles.

On s'est aussi beaucoup occupé de la ventilation de façon à obtenir de bonnes conditions d'hygiène et de salubrité.

Un autre point important consiste à encourager l'ouvrier à se bâtir lui-même son logement.

M. le Président, si personne ne demande la parole sur cette question, renverra la question à une autre séance où seront convoqués M. Siegfried, M. Picot et d'autres invités.

Il donne la parole à M. Duroy de Bruignac pour sa communication sur la *Navigation aérienne*.

M. Duroy de Bruignac rappelle que l'exposé général de la question a été fait plusieurs fois devant la Société; aussi abordera-t-il seulement et brièvement deux points : 1° la meilleure forme d'un aérostat dirigeable; 2° le vol.

1° *Aérostat dirigeable.* — L'opinion qui prévaut préfère la forme « cigare » marchant le gros bout en avant. M. de Bruignac reproche à cette disposition d'être inutile pour la stabilité, et de causer une résistance exagérée.

Il expose que tout aérostat propulsé est entraîné par deux causes : les vitesses acquises dont la résultante est appliquée au centre de gravité, la traction exercée par le propulseur. Si ces effets coïncident, le premier est inutile ; s'ils ne coïncident pas, le premier gêne le second.

Les aérostats « cigare » ont la faculté intrinsèque de direction la plus grande, d'autant plus qu'ils sont plus dissymétriques ; mais cette faculté est nuisible, selon M. de Bruignac, qui développe les considérations suivantes : Dans le cas essentiel où l'aérostat lutte contre un vent contraire oblique, le cigare marchant le gros bout en avant est la forme qui résiste le plus à garder l'orientation voulue ; le fuseau symétrique s'y prête mieux. Donc ce dernier est préférable.

Il n'y a aucun rapport entre la faculté intrinsèque de direction et la résistance à l'avancement. Tant que l'on croyait la première utile, il fallait au moins, par des essais comparatifs, mettre en balance les avantages et les inconvénients de l'une et de l'autre.

M. de Bruignac regrette qu'il n'existe pas pour l'air d'expériences suffisantes constatant les résistances en fonction de la forme ; en s'appuyant sur l'analogie des bateaux et sur d'autres considérations, il conclut que cette résistance est à peu près (comme pour l'eau) proportionnelle au *sinus cube* de l'angle d'incidence, c'est-à-dire que la finesse de forme a une influence énorme sur la résistance.

En résumé, M. de Bruignac regarde l'aérostat cigare marchant le gros bout en avant comme condamné tant pour la résistance que pour la direction.

Il rappelle l'expérience des petits fuseaux en ébonite, l'un « cigare », l'autre symétrique, que l'on faisait tomber doucement dans l'eau : le cigare se dirigeait mieux (le gros bout en avant) et tombait plus vite que le fuseau. On en concluait que le cigare ainsi placé rencontrait moins de résistance que le fuseau et se dirigeait mieux. M. de Bruignac dit que cet essai n'avait aucune signification à l'égard de la résistance et ne dépendait que de la traction exercée par le poids au centre de gravité.

Il examine, en passant, l'exemple de la forme des animaux ; il pense qu'il ne faut la consulter que sous bénéfice d'inventaire. L'exemple des grands expérimentateurs Giffard, Dupuy de Lôme, Tissandier, ne doit pas être invoqué relativement à la finesse des fuseaux, parce que leur attention s'est à peine arrêtée sur son influence. Il indique des améliorations de détail propres à diminuer la résistance. Il signale le danger et la difficulté des grands appareils plus lourds que l'air, et fait connaître ce qui lui semble possible à ce sujet.

2° *Le grand vol.* — M. de Bruignac estime que le vol n'intéresse l'aéronautique que secondairement, parce que le fonctionnement des oiseaux est trop parfait pour qu'il faille l'imiter de près. Tout en rendant un hommage d'admiration aux observations photographiques du vol, il en

signale un défaut : c'est que ces photographies sont ordinairement des perspectives obliques qui déforment plus ou moins le mouvement vrai. Il estime que l'observation visuelle est un complément et un correctif indispensable, et décrit les résultats que lui ont fournis ses observations visuelles personnelles :

Le vol n'est pas « ramé », mais « battant ». L'aile bat toujours normalement à l'axe de l'oiseau, la membrure plus ou moins développée, l'angle « aviateur » plus ou moins ouvert. L'aile propulse par une action de « godille flexible ». Dans le grand vol (où l'axe de l'oiseau et la trajectoire sont horizontaux), l'oiseau n'oscille pas (ou à peine) verticalement ; cela tient au mécanisme suivant : l'aile, tout en battant verticalement, ouvre plus ou moins son angle sur la trajectoire, de façon que « l'action aviatrice », aidée ou combattue par le battement vertical, maintienne une sustentation égale. Dans tous les vols secondaires, les détails se modifient tout en conservant les mêmes règles générales.

M. le Président remercie M. Duroy de Bruignac de sa communication. Il donne la parole à M. R. Soreau qui la lui a demandée.

M. R. Soreau dit que les précédentes remarques sont une série de critiques qui visent non seulement sa dernière communication, mais surtout sa communication d'il y a cinq ans, déjà discutée. Néanmoins, il les examinera toutes, car il ne partage aucune des opinions qu'on vient d'émettre.

Résistance à l'avancement d'un plan oblique dans un fluide. — M. Duroy de Bruignac s'est appuyé, à diverses reprises, sur une loi qui n'est, au fond, que la loi de Newton, depuis longtemps tombée en désuétude, tant elle s'éloigne des observations ; c'est ce que montrent, pour l'air et pour l'eau, deux graphiques où sont figurés les résultats des meilleures expériences, les lois de Newton et d'Euler, et enfin deux autres lois, celle de Duchemin pour l'air, et, pour l'eau, celle de Joëssel, admise dans l'enseignement de l'École d'application du génie maritime. Ces graphiques se rapportent au plan carré ; un autre graphique montre l'influence de la forme géométrique du plan et de son orientation sur la trajectoire. M. Soreau annonce qu'il établira prochainement devant la Société une formule générale faisant dériver ces phénomènes complexes d'une hypothèse unique.

Résistance à l'avancement des carènes. — Il critique le calcul de 1884 sur la résistance des carènes pour les raisons suivantes : 1° l'expression du travail élémentaire ne lui paraît pas justifiée ; 2° l'intégration est illégitime, car l'équation différentielle n'est pas indépendante de la façon dont on décompose la carène en surfaces élémentaires ; et, à ce propos, il explique pourquoi le procédé général qui consiste à étendre, par la simple introduction de coefficients numériques les formules de la mécanique rationnelle à la mécanique appliquée, ne réussit pas dans le cas des phénomènes relatifs à l'écoulement des fluides ; 3° on n'a pas tenu compte de la poupe, alors qu'à toute forme de proue correspond, pour une vitesse déterminée, une forme de poupe donnant la résistance minimum ; or, on devait montrer, pour établir les affirmations appor-

tées, que la longueur de poupe convenable est moindre que la longueur de proue, et cela n'a pas été fait.

Si on ne pouvait conduire jusqu'au bout ce calcul, d'ailleurs fort complexe, on devait s'en rapporter aux expériences : M. Soreau cite celles de Marey (Comptes rendus de l'Académie des Sciences), et celles de M. Moulton (Chronique de M. Mallet), qu'il a, du reste, analysées lors de la discussion d'une communication sur la navigation sous-marine. Il conteste que les expériences rudimentaires sur les fuseaux en ébonite aient la signification qu'on vient de leur attribuer. Il estime qu'il n'est pas jusqu'à l'exemple de la nature qui ne condamne le fuseau dissymétrique marchant le bout allongé à l'avant.

On nous dit, ajoute-t-il, qu'en marchant de la sorte, le ballon de Chalais eût doublé sa vitesse. Mais, doubler la vitesse, cela équivaut à multiplier par 8 la puissance du moteur sans changer son poids; comment admettre que le seul fait de retourner le ballon donne le même résultat qu'un moteur huit fois plus léger ?

Stabilité de route. — M. Soreau rappelle ce qu'on entend en marine par stabilité de route des navires à hélice; généralisant cette définition, il montre que, pour les navires aériens, la stabilité doit avoir pour but de combattre les mouvements de lacets qui se produisent à la suite des embardées du vent et des évolutions.

Il combat l'idée de « lutte du ballon contre un vent oblique » : en air calme, il n'y a pas de vent pour le ballon ordinaire, il y a toujours courant de bout pour le ballon propulsé dans la marche rectiligne; en air troublé, le vent n'intervient en quelque sorte que par les différentielles de sa vitesse et de sa direction.

Dans l'évolution comme dans les embardées, le ballon dirigeable est frappé par un courant faisant avec la quille un angle de dérive, d'ailleurs faible. Quand cesse la manœuvre du gouvernail ou l'embardée, l'accélération du mouvement angulaire peut produire les mouvements de lacets constatés par Dupuy de Lôme. M. Soreau estime que cette accélération est moins forte avec les ballons dissymétriques à poupe allongée qu'avec les ballons symétriques, moins forte avec les ballons symétriques qu'avec les ballons dissymétriques à poupe courte.

Il dit que M. Duroy de Bruignac s'est beaucoup préoccupé du point d'application de la force propulsive, dont cependant le moment est nul dans les girations, et aucunement de la résistance due à l'angle de dérive, résistance dont le moment est le facteur essentiel du problème.

En résumé, la forme de Chalais est justifiée, tant au point de vue de la faible résistance à l'avancement que de la stabilité de route.

Vol des oiseaux. — M. Soreau dit que la direction réelle du courant sur l'aile est donnée par la composition de la vitesse de battement et de la vitesse de l'oiseau. Il s'ensuit que, en plein vol, l'aile est toujours frappée en dessous, même à la remontée; en d'autres termes, l'oiseau est un aéroplane. La preuve à ses yeux, c'est qu'aux battements voisins de l'essor, alors que la vitesse de l'oiseau est faible et que le dessus de l'aile remontante devrait frapper l'air, l'oiseau, pour éviter la réaction désastreuse qui en résulterait, fait tourner ses rémiges par un mouvement de persiennes.

M. Soreau s'attache à montrer la différence entre la méthode de M. Duroy de Bruignac et la sienne : l'une s'en rapporte exclusivement à l'œil, qui est inconsciemment partial, et mérite tous les reproches adressés au photochronographe sans en avoir les avantages; l'autre s'appuie sur des faits certains, enregistrés pour les battements voisins de l'essor, faits qu'elle étend au cas du plein vol, en établissant, par des considérations anatomiques non moins certaines, comment ils se modifient à mesure que croit la vitesse.

En terminant, M. Soreau pense, contrairement à l'opinion émise tout à l'heure, qu'au point où en est la navigation aérienne le moteur léger est la grande et réelle difficulté. Il eût été heureux que des Collègues autorisés vinssent ajouter au peu qu'il en a dit, et il se félicite que cette question soit prochainement portée devant la Société, avec les communications sur l'automobilisme annoncées par notre Président.

M. A. de Bruignac dit que, vu l'heure avancée, il ne répondra que quelques mots.

Pour tous les détails et les points qu'il n'a qu'effleurés, il se réfère à son mémoire.

Au sujet de la loi du *sinus cube*, il rappelle seulement que le travail du ballon « La France » calculé d'après cette loi, et ce même travail constaté par M. Renard, sont sensiblement égaux.

Il dit que c'est une complète erreur d'avancer que les pressions calculées par lui (octobre 84) ne font pas intervenir la vitesse : les pressions sont en V^2 et les travaux en V^3.

Il ajoute qu'un simple aérostat ne sent pas le vent, quelle que soit la violence de celui qui l'entraine; mais un *propulsé* sent le vent dans la mesure de son action propre. Par exemple, si un vent du nord règne, et que l'aérostat maintienne une trajectoire S.-E. N.-O., il ressentira un vent contraire faisant un angle de 45° avec sa trajectoire.

Quant aux détails du vol M. de Bruignac n'est parvenu à les distinguer qu'en s'y appliquant longtemps; tant qu'on n'a pas fait ainsi, il lui paraît assez impossible d'expliquer le vol par voie d'induction.

Il regarde comme une erreur de croire que, dans le grand vol où l'aile bat verticalement, l'air ne heurte pas le dessus de l'aile. Si l'on trace la résultante des vitesses au milieu du mouvement de montée de l'aile, cette résultante, il est vrai, tombe sous l'aile; mais il ne s'ensuit pas qu'il n'y ait pas de pression sur l'aile, puisque la composante verticale cause toujours cette pression. La particularité de ce cas tient à ce que l'une des composantes frappe l'aile en dessous et l'autre en dessus.

M. de Bruignac en terminant dit que les expériences sur la résistance de l'air qui font défaut ou sont insuffisantes sont celles relatives à la translation des solides de diverses formes. S'il y en a de concluantes il serait intéressant de les connaître.

M. le Président pense que l'on ne peut que se féliciter de ce débat qui, commencé le jour anniversaire de la fondation de la Société, ne s'est terminé que le lendemain; ce qui prouve qu'à cinquante ans on a encore la vigueur nécessaire pour mener les choses à bien. La séance a commencé par une question relative à l'art de l'Ingénieur dans ses pro-

cédés anciens et primitifs; elle se termine par l'étude d'un problème dont la solution définitive appartient encore à l'avenir. Il n'est donc pas étonnant qu'il existe à son sujet des désaccords. La Société des Ingénieurs Civils de France devait permettre aux différentes opinions de se produire avec tous les développements nécessaires.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. P. Armingeat, P. Bouhey, A. Boyer-Guillon, P.-A. Bursaux, F. Cottarel, G. Gadot, A.-B. Gosse, L.-J. Miguet, G. Philippart, comme membres sociétaires,

MM. Ch. Bellens, G.-A. Lambert, E.-E. Marchand, H. Moine, L.-H. Royer, G. Savin et J.-B.-L. Vidal-Beaume sont reçus comme membres sociétaires et

M. A. Salles, comme membre associé.

La séance est levée à minuit un quart.

Le Secrétaire,
P. Jannettaz.

PROCÈS-VERBAL
DE LA
SÉANCE DU 18 MARS 1898

Présidence de M. A. Loreau, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de :

M. Auguste Péneaud, Membre de la Société depuis 1888, Ingénieur principal du Matériel et de la Traction aux Chemins de fer de l'Etat, chevalier de l'Ordre du Cambodge.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les nominations suivantes :

M. E. Cacheux a été nommé membre de la Commission chargée de propager l'enseignement professionnel des pêches maritimes dans les écoles primaires du littoral;

M. E. Robequain a été nommé commandeur de l'Ordre du Médjidié.

M. le Président fait connaître que les bureaux des comités d'admission à l'Exposition universelle de 1900 se sont réunis pour nommer les bureaux des comités de groupes, sauf pour le groupe II (œuvres d'art). Il relève dans la liste les noms de plusieurs de nos Collègues :

Groupe III : Instruments et procédés généraux des lettres, des sciences et des arts.— Président, le Colonel A. Laussedat, Membre de l'Institut;

Groupe IV : Mécanique générale. — Secrétaire, M. Ch. Compère;

Groupe V : Electricité. — Secrétaire, M. H. Ch. Bouilhet;

Groupe VI : Génie civil, moyens de transport. — Secrétaire, M. Ch. Baudry;

Groupe X : Aliments. — Président, M. Ch. Prévet, Sénateur ;
Groupe XI : Mines, métallurgie. — Secrétaire, M. E. Gruner ;
Groupe XII : Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations.— Président, M. G. Berger, député.

M. LE PRÉSIDENT se réjouit de voir la Société si brillamment représentée aux comités de la prochaine Exposition. Il annonce que l'organisation des Congrès vient d'être étudiée de très près par la Commission supérieure, dont il fait partie comme Président de la Société des Ingénieurs civils : cette Commission recevra les demandes et se chargera de l'organisation matérielle des Congrès, pour lesquels on bâtit un palais spécial; mais elle n'aura pas à en prendre l'initiative, réservée aux congressistes, qui seront d'ailleurs accueillis avec empressement, et de la façon la plus commode s'il en juge par les plans qu'il a eus sous les yeux.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale plus spécialement le *Traité des Chemins de fer*, de notre Collègue M. Aug. Moreau, ouvrage édité par M. G. Fanchon. La compétence bien connue de M. Moreau dit assez l'intérêt de ce livre.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement notre Collègue M. Paul Gadot qui a fait à la Société un don de 50 francs.

M. LE PRÉSIDENT annonce que l'*Iron and Steel Institute* tiendra son meeting annuel les 5 et 6 mai prochain à l'*Institution of Civil Engineers* de Londres. Le meeting d'automne aura lieu à Stockholm les 26 et 27 août, sous les auspices de l'Association suédoise des maîtres de forges. La note indiquant les mémoires qui seront lus et les excursions projetées est déposée au Secrétariat.

Il a aussi reçu avis qu'un Congrès des pêches maritimes sera tenu à Dieppe du 1er au 5 septembre, et qu'un Congrès de l'Association des chimistes de Sucreries et de Distilleries aura lieu à Douai les 30 mars, 1er et 2 avril 1898. MM. Cacheux, Dubar, Duchesne, Dumont, Honoré et Pérard, pour le Congrès de Dieppe; MM. Chardon, Delaroière, Derennes, Gallois, Hignette, Horsin-Déon, Jannettaz, Maunoury et Vivien pour le Congrès de Douai sont dès maintenant inscrits sur les listes. Mais il importe que la Société soit représentée par le plus grand nombre de membres, et les adhésions seront reçues au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT est heureux de donner lecture de plusieurs lettres qu'il a reçues :

1° M. le Prince Chilkoff, Ministre des voies de communication en Russie, écrit qu'il se fera un plaisir de recueillir des adhésions dans son entourage, et demande l'envoi d'une *cinquantaine* de feuilles d'admission.

2° M. le Major général de Wendrich, en transmettant la lettre précédente, dit que le Prince Chilkoff l'a chargé de nous présenter une adresse à l'occasion de notre cinquantenaire.

Ces deux lettres prouvent les sympathies que la Société a développées en raison de ses efforts et de ses succès. M. LE PRÉSIDENT ajoute qu'elles nous sont d'autant plus agréables en l'espèce qu'elles nous viennent d'un pays ami.

3° M. le consul de France à Prague appelle notre attention sur l'Ex-

position qui s'y tiendra du 15 juin au 15 septembre, et qui est organisée par la Société des Ingénieurs de Bohême, avec le concours de la ville et de la Chambre de Commerce (voir *Journal officiel* du 4 février 1898). Seront internationaux : le groupe H (moteurs et outils de la petite industrie) et le groupe J (chemins de fer). S'il y a peu à espérer pour les industriels français fabriquant le matériel de chemins de fer, il n'en est pas de même pour les constructeurs du matériel compris dans le groupe H, qu'on ne construit pas en Bohême, et que l'on achèterait volontiers en France, pour peu qu'on voulût bien faire quelques efforts. Bien que les délais des demandes d'admission soient expirés, notre consul est autorisé à nous faire savoir que les demandes des exposants français seront reçues jusqu'au 1er mai. Il sollicite tout particulièrement le concours des constructeurs d'automobiles.

4° M. Oscar Huffzky, représentant officiel des pays étrangers à cette Exposition, se met à la disposition des membres de la Société. Il nous adresse la liste (1) des machines et appareils compris dans le groupe H.

5° M. J. Gaudry écrit, à l'occasion du décès de notre regretté Collègue Ch. Bricogne, une lettre intéressante et émue, dont M. LE PRÉSIDENT lit le passage principal ainsi conçu :

« Je crois de mon devoir de rappeler une des pages de la vie de Bricogne qui fut aussi bien honorable pour toute la Société des Ingénieurs. Bricogne fut président d'une des commissions du corps du Génie civil sous le siège de Paris... Cette Commission, comprenant douze membres de la Société, fut celle de la *fabrication des affûts et caissons d'artillerie* construits par l'industrie privée, non seulement par les grands carrossiers Herler, Desouches et autres, mais, par sous-traités, avec la presque totalité des charrons, serruriers, quincailliers, etc.

» Bricogne y mit un zèle tout désintéressé, un dévouement, une activité de jour et de nuit, un tact et un esprit d'organisation des plus remarquables ; courant lui-même de ministre à ministre, de bureau à

(1) Moteurs de toutes espèces développant l'énergie de dix chevaux au maximum, avec le matériel nécessaire à leur fonctionnement ;

Appareils à mesurer la consommation de la force ;

Opérateurs ordinaires et matériel auxiliaire, tels que : générateurs produisant la chaleur, le froid, la lumière et l'électricité ;

Transmetteurs de l'air et de l'eau ;

Machines pour la fabrication des appareils de communication de la parole à distance et chez soi ;

Appareils perfectionnés de lavage et de cuisine ;

Appareils de fonte et de sondage à gaz, à électricité, etc.

Machines à façonner le bois et les métaux ;

Machines spéciales et outils divers pour la confection des vêtements, des produits alimentaires, pour la petite industrie textile, l'industrie du cuir, la papeterie et la marqueterie, la fumisterie et la serrurerie, la métallurgie, le façonnage du bois ;

Mesures de prévoyance et de premiers secours en cas d'accidents dans les ateliers ;

Matières premières, produits ouvrés et mi-ouvrés servant à l'équipement des ateliers modèles.

Les avis de participation sont reçus : aux bureaux de l'Exposition de Prague, Palais Clam-Gallas, n° 20 I. — Le bureau de M. Oscar Huffzky, rue Skolòka, 26, à Prague, communique toutes les informations désirables.

bureau ; créant sous sa direction les plans, les gabarits et des méthodes toutes nouvelles. Bricogne se chargea à peu près seul avec M. Deville, de l'Institut, des vingts fameuses cuisines ambulantes qui allaient aux tranchées, par 20° de froid, porter à nos pauvres soldats le café chaud, la soupe et ce bouillon factice, si apprécié alors, que composa notre Vice-Président M. Badois. S'il y a encore parmi nous des survivants de ces temps cruels, ils vous diront avec quelle joie on voyait arriver ces cuisines ambulantes, portant leur marmite et leur foyer. »

6° M. H. Chapman fait connaître que *The Institution of Mechanical Engineers* de Londres l'a prié de lui procurer une courte biographie de notre regretté Président Gottschalk, pour faire paraître une notice nécrologique dans son Bulletin. Notre Collègue demande l'envoi de renseignements, qui lui seront adressés le plus tôt possible. M. LE PRÉSIDENT constate l'universalité des regrets qu'a laissés M. Gottschalk ; il espère qu'à la prochaine séance M. le sénateur Reymond viendra nous lire la notice nécrologique qu'il a bien voulu rédiger pour notre Bulletin.

La parole est donnée à M. P. Chalon, pour analyser l'ouvrage de M. Louis Campredon *Guide pratique du chimiste métallurgique et de l'essayeur*.

M. P. CHALON dit qu'avant de rendre compte de cet ouvrage, qui intéresse tous les ingénieurs d'usines, il voudrait montrer en quelques mots le rôle considérable de la chimie dans l'industrie moderne.

Il y a une vingtaine d'années, le chimiste d'usine était à peu près inconnu dans les industries autres que l'industrie chimique proprement dite. C'était une sorte d'employé subalterne, un *faiseur d'analyses*, relégué dans un pauvre laboratoire généralement très mal aménagé. Aujourd'hui, les conditions ont bien changé : le chimiste est devenu l'agent indispensable de contrôle dans les fabrications ; de son laboratoire, il surveille l'usine quand il ne la dirige pas.

C'est que les tendances commerciales actuelles sont de ne vendre ou de n'acheter que sur analyse. Il importe donc de choisir avec soin les matières premières, de doser avec précision les mélanges, afin de n'obtenir que des produits, sous-produits et résidus précis et déterminés à l'avance. L'uniformité de composition des matières premières et des mélanges permet, en effet, pour une bonne part, de livrer ces produits marchands, constamment réguliers, qui font la réputation des usines et créent les bonnes marques. Or, la solution de cet important problème industriel dépend essentiellement du chimiste qui devient ainsi, par la force des choses, par le stimulant de la concurrence et les exigences du consommateur, la cheville ouvrière d'un grand nombre d'industries.

D'autre part, on peut dire que, par ses investigations et ses découvertes, le chimiste a rénové presque toutes les anciennes fabrications. C'est ainsi qu'en métallurgie on sait, grâce à lui, que la composition chimique des métaux et des alliages est l'indice de leurs propriétés, même pour les métaux tels que le fer et l'acier dont les propriétés mécaniques sont cependant très affectées par le travail à chaud et à

froid. C'est ainsi encore que la sidérurgie s'est enrichie par la fabrication de nouveaux produits : tels, les *aciers au manganèse*, qui, dans les teneurs de 6 à 15 0/0, possèdent une résistance considérable (on dit même que le manganèse augmente très sensiblement la résistance électrique des fils de fer et d'acier) ; les *aciers chromés*, qu'on emploie pour la préparation des pièces soumises à l'usure et aux chocs ; les *aciers à 20/0 de silicium*, qui possèdent des qualités remarquables au point de vue de la dureté et de la malléabilité ; les *aciers au tungstène*, qui sont particulièrement durs ; les *aciers à 30/0 de nickel*, recommandés pour la construction des navires blindés ; les bronzes à *un millième de phosphore*, bien plus résistants à l'usure que le bronze ordinaire, etc., etc. M. Chalon rappelle encore les récents travaux de M. Moissan, qui reconnut par l'analyse que les fers suédois de Taberg doivent leur grande ductilité à la présence d'une petite quantité de *vanadium* ; à la suite de ces travaux, les métallurgistes se mirent à fabriquer les aciers à 1 0/0 de vanadium, dont les qualités supérieures de ductilité et de malléabilité sont bien connues.

Dans la préparation des métaux autres que le fer, les procédés par voie humide tendent de plus en plus à se substituer aux méthodes surannées de la voie sèche ; et les usines de fusion à cuivre, à zinc, à plomb, etc., sont peu à peu remplacées, avec avantage, par des usines de produits chimiques dans lesquelles l'emploi rationnel de réactifs appropriés vient à bout des minerais les plus variés, les plus complexes et — fait particulièrement intéressant — les plus pauvres. La métallurgie de l'or elle-même, stationnaire pendant des siècles, prend des développements énormes depuis que la chimie, par l'application des procédés de chloruration et de cyanuration, est parvenue à traiter les minerais réfractaires à l'amalgamation.

M. Chalon ajoute que c'est un chimiste qui a permis les gigantesques travaux publics de la fin de ce siècle, par l'invention de la dynamite. C'est encore le chimiste qui a transformé les conditions de la guerre moderne par l'invention des poudres sans fumée. C'est à son intervention que sont dues la plupart des améliorations dans les industries métallurgique, minière, céramique, électrique, mécanique, etc. Par son initiative, par sa coopération intelligente, il est devenu l'indispensable compagnon de travail de l'Ingénieur. Dès lors, celui-ci a le devoir de se tenir constamment au courant des progrès de la chimie analytique.

C'est pour lui faciliter cette tâche que M. Campredon a rédigé son *Guide pratique*. Dans cet intéressant ouvrage, on trouve l'indication détaillée des méthodes opératoires, des instruments et réactifs employés par le chimiste ; les méthodes d'essai et d'analyse des combustibles, des eaux industrielles, des gaz et fumées d'usines, des chaux, des ciments, des matières réfractaires, etc.

Tous les métaux sont passés en revue : on étudie leurs minerais, leurs alliages, leur dosage, au point de vue des divers usages industriels et des exigences formulées dans les cahiers des charges. Le chapitre consacré aux fontes, fers et aciers, est une sélection des procédés d'analyse et de reconnaissance des produits secondaires ou alliés, ainsi que des résidus de fabrication, tels que les laitiers et les scories.

Telle est la substance de ce livre, appelé à devenir un très utile conseiller pour les Ingénieurs et les chimistes d'usine.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Chalon qui a présenté de façon si intéressante l'ouvrage de M. Campredon, et a fait précéder son compte rendu de réflexions que nous avions tous dans l'esprit. Le rôle de la chimie s'accentue tous les jours, et les besoins de l'analyse sont descendus des régions scientifiques pour entrer dans le domaine, non seulement de l'industrie, mais encore de l'agriculture. Il y a quelques années, les cultivateurs ouvraient de grands yeux quand on leur parlait des produits chimiques; aujourd'hui, nombre d'entre eux rédigent leurs demandes d'engrais, et ne les payent que sur analyse : c'est ce qu'il a pu constater au Syndicat agricole qu'il préside depuis quinze ans.

A un autre point de vue, si la dynamite et la poudre sans fumée pouvaient avoir l'heureuse conséquence d'éloigner le fléau de la guerre, leurs inventeurs auraient rendu à l'humanité un inestimable bienfait. Est-il besoin de rappeler la compétence toute particulière de M. Chalon en ce qui concerne ces dangereux et puissants produits ?

L'ordre du jour appelle l'analyse, par M. Chardon, de l'ouvrage de MM. Badois et Bieber sur l'*Assainissement comparé de Paris et des grandes villes de l'Europe*. M. LE PRÉSIDENT constate l'opportunité de ce compte rendu, à l'heure même où la question de l'assainissement soulève de si importants et si passionnés débats. La discussion étant limitée ici au domaine scientifique et technique, il est heureux de donner la parole à M. Chardon.

M. E. CHARDON dit que ce livre, dû à la collaboration de l'un de nos vice-présidents avec un ancien directeur des études à l'École Centrale, méritait mieux qu'une simple mention bibliographique. Fruit d'une mission qui leur a été confiée par la Chambre syndicale des propriétés immobilières de Paris, ce rapport est devenu un véritable traité sur la matière.

Le titre I traite de l'assainissement des villes en général. Il donne une classification des eaux et les différents moyens de les évacuer; il s'occupe des égouts, de leur pente, de leur diamètre. Puis il examine l'évacuation des vidanges par fosses, canalisations ou égouts; l'épuration mécanique, chimique et par épandage.

Les auteurs établissent que l'épandage donne des résultats très différents, suivant les volumes annuellement déversés. Ils citent les travaux de M. de Freycinet et rappellent qu'avec 10 000 m^3 à l'hectare on obtient le maximum de profit agricole et la meilleure épuration; qu'avec 40 000 m^3 on a le maximum de volume à épurer et une utilisation faible; qu'au delà on n'obtient qu'une simple filtration.

Le titre II traite de l'assainissement de Berlin, œuvre considérable accomplie en quelques années avec un plein succès. Les auteurs étudient l'assainissement de la maison, qui se caractérise par une canalisation de faible diamètre avec orifices d'évacuation réduits à 7 *cm* et munis de siphons. Hors de la maison, la canalisation des rues, posée sous les trottoirs, se compose pour les 4/5 de conduites cylindriques en grès de faible diamètre dans laquelle les eaux ne pénètrent que débar-

rassées de tous corps solides par des décanteurs spéciaux installés sous chaque bouche d'égout. Les collecteurs seuls sont construits en forme d'égouts visitables. Pour leur donner, ainsi du reste qu'à tout le réseau, une pente suffisante, on a divisé la ville en douze secteurs qui aboutissent à autant de puisards, avec usines qui relèvent les eaux et les envoient aux champs d'épandage.

Toutes précautions sont prises pour empêcher l'introduction des matières solides de la rue et l'arrivée des gaz à la surface du sol. Dans le cas de grandes pluies, des déversoirs permettent aux eaux en excès de gagner directement la Sprée, ce qui offre peu d'inconvénient, les eaux étant alors très diluées.

Les champs d'épandage ont une superficie de plus de 9000 *ha* dont 5000 sont aménagés pour l'épuration. La moyenne des eaux, toujours déversées avant aucune fermentation, s'élève à 12000 m^3 par hectare. Les frais de l'épuration sont compensés par les recettes afférentes.

Le titre III traite de l'assainissement d'Amsterdam, bien inférieur au précédent. Dans certains quartiers de la Ville fonctionne le système Liernur : ce n'est qu'un système de vidange par de vastes réservoirs qui sont placés dans certains carrefours et recueillent toutes les matières fécales d'un district. La vidange de ces réservoirs est obtenue soit au moyen d'une canalisation dans laquelle on fait le vide, soit au moyen de pompes locomobiles qui déversent les matières dans des bateaux, pour les transporter à l'usine où elles servent à la fabrication du sulfate d'ammoniaque.

L'assainissement de La Haye, traité dans le titre IV, n'offre rien de particulier, car la proximité de la mer permet d'y rejeter toutes les eaux impures. Le principe appliqué est le tout-à-l'égout, mais avec les précautions usitées à Berlin : conduits de petite section, bouches d'égout à fermeture hydraulique, puisards pour retenir tous les corps solides, écoulement rapide des liquides infectés, etc.

Le titre V parle de l'assainissement de Bruxelles où se pratique le tout-à-l'égout sans épuration, avec déversement direct en aval de la Ville. Après avoir constaté que les égouts sont à forte pente avec bouches à fermeture hydraulique qui retiennent les matières solides, les auteurs blâment vivement la Ville de Bruxelles d'avoir rejeté toute méthode d'épuration et d'offrir aux yeux et à l'odorat, au point de déversement des égouts dans la rivière, un spectacle dont ils ont gardé un vif et lamentable souvenir.

Le titre suivant fait ressortir les nombreux avantages de la canalisation séparée. Étant donné que les eaux peuvent se diviser en eaux souillées et en eaux relativement pures, telles que les eaux d'arrosage, de pluie, des fontaines, et que ces dernières peuvent se réunir dans les différents thalwegs, n'est-il pas souverainement illogique de les mêler aux premières, qui forment le moindre volume, pour se donner ainsi l'embarras d'un transport cinq ou six fois plus coûteux et d'une épuration onéreuse et impossible ?

A Paris on y joint toutes les matières solides ! On s'est dit : « Jetons tout à l'égout et le torrent emportera tout. » Mais, pour faire un torrent, il faut de l'eau et de la pente. L'eau, on en augmente chaque jour le volume ; mais la pente ne peut être augmentée, et alors les liquides seuls

arrivent à destination au bout d'un temps plus ou moins long ; les gaz produits par la fermentation ont eu le temps de se répandre à la surface par les bouches d'égout toutes grandes ouvertes, tandis que les solides encombrent certains collecteurs à ce point que les bateaux-vannes et autres moyens ordinaires sont devenus inefficaces et qu'on songe à les draguer au moyen d'appareils spéciaux.

En lisant l'ouvrage de MM. Badois et Bieber, en étudiant les systèmes adoptés dans les villes citées et aussi en Angleterre, qu'ils ont également visitée, on se rendra compte des objections qui leur sont communes avec de très bons esprits, et qui leur font désirer de voir abandonner au profit d'une autre solution l'œuvre en pleine voie d'accomplissement à Paris.

MM. Badois et Bieber concluent en préconisant le système séparé, que les propriétaires parisiens essaient en ce moment de faire adopter par voie de pétition. Y réussiront-ils? M. Chardon en doute et pense que, si le tout-à-l'égout doit succomber, ce ne saurait être qu'à la suite de la grande expérience qui se poursuit actuellement ; on s'éviterait ainsi les nombreux inconvénients d'une décision précipitée.

Quoi qu'il en soit, le livre de MM. Badois et Bieber aura projeté sur la question une vive clarté, tenu en haleine les éminentes personnalités sur qui pèse tout le poids de la solution adoptée, et provoqué des déclarations précieuses. Il aurait mérité ici le patronage d'une autorité que M. Chardon se défend d'avoir : aussi invoque-t-il celle de notre ancien Président, M. Trélat, qui déclarait récemment au Congrès de la propriété bâtie, combien le surprenait le rapport de nos Collègues sur la façon dont est pratiqué à Paris ce tout-à-l'égout, pour lequel il a combattu sur tous les champs de bataille de l'Europe. M. Trélat donnait d'une façon magistrale cette définition : « Vous faites sortir de la Ville, le plus vite possible, et vous amenez l'eau d'égout aux lieux de transformation en eau parfaite, aussi pure que l'eau de source, et en résidu qui dans la terre opère la bienfaisante fécondité. Voilà ce que c'est que le tout-à-l'égout. » *Evacuation rapide* et *utilisation intégrale* : tels sont pour M. Trélat les deux termes principaux du problème. Il suffit de lire le livre de MM. Badois et Bieber pour voir comment d'autres villes d'Europe ont cherché à réaliser ces principes, et pour se convaincre que le but principal des auteurs est de faire triompher les mêmes principes dans l'assainissement de Paris, trop communément accusé de ne pratiquer que l'évacuation lente et l'utilisation rudimentaire.

M. le Président remercie vivement M. Chardon d'avoir bien voulu nous donner un compte rendu aussi intéressant du remarquable ouvrage de MM. Badois et Bieber, ouvrage qu'il a lu avec un grand intérêt.

Il donne la parole à M. S. Périssé, qui la lui a demandée.

M. S. Périssé rend d'abord hommage à la compétence technique et à l'indépendance de MM. Badois et Bieber; leur livre apporte de précieux éléments d'appréciation.

Il demande la permission d'exposer son opinion actuelle, qui ne diffère point de celle qu'il a développée en 1893 devant la Société, mais

qui s'est plus profondément fixée en ce qui concerne les moyens à mettre en œuvre.

Il s'agit, tout d'abord, de bien s'expliquer sur ce qu'on appelle le *tout-à-l'égout* qui, à Paris, serait bien mieux défini par la locution *tout à l'égout, rien à la Seine* : au reste, d'après une récente communication de M. l'Ingénieur en chef Launay, ce fleuve ne recevra plus un seul mètre cube d'eau d'égout au moment de la prochaine Exposition. Ainsi, suivant M. Périssé, le tout-à-l'égout, c'est : dans la maison, l'envoi à l'égout public, avant toute fermentation, des matières fraîches noyées dans un cube suffisant d'eau de lavage; hors de la maison, l'expulsion rapide, avant toute fermentation, des eaux usées vers des champs d'épandage, en vue et de leur épuration et de leur utilisation agricole.

Le problème comporte trois facteurs : l'eau, l'égout et l'épandage. Les controverses passionnées sur ce gros problème n'ont porté, le plus souvent, que sur un ou deux de ces facteurs, suivant le besoin des intérêts en cause, communaux ou privés. M. Périssé se propose de faire l'examen impartial des trois éléments, en commençant par l'épandage, sur lequel les critiques se sont plus volontiers portées.

Épandage. — On a prétendu que les champs d'épandage créeraient des marais infects, que les eaux jetées ensuite à la Seine seraient encore polluées, qu'on répandrait les maladies par les plantes maraîchères, etc.; on a surexcité à tel point l'opinion publique qu'en 1893, pour empêcher l'opération d'Achères, le jury d'expropriation de Versailles alloua 10 millions pour un champ valant bien 200 *f*; heureusement l'arrêt fut cassé pour vice de forme. L'an dernier, dans l'expropriation des terrains faisant suite à ceux d'Achères, expropriation indispensable pour exécuter la loi de 1894, 10 millions furent encore demandés, avec promesse d'abandon au département, pour un terrain auquel le jury, mieux renseigné sur les heureux effets de l'épandage, n'alloua que 510 *f*.

L'opinion de M. Périssé sur l'épandage n'a fait que se fortifier avec les années; lui seul donne la solution pratique de l'assainissement de Paris, qui a la bonne fortune de posséder, dans un rayon de 50 *km*, 25 000 *ha* de terrains sablonneux, formant, au-dessus du niveau de la Seine, une couche perméable de 2 à 4 *m*, conditions éminemment favorables à une bonne épuration; il y a encore un peu plus loin 15 000 *ha* qui peuvent être utilisés. Paris a donc à ses portes le moyen de détruire la nocivité de toutes ses eaux présentes et futures; il doit proscrire le traitement des matières dans des usines, et le rejet au fleuve ou dans des puisards des eaux qui seraient encore polluées. Pas un mètre cube d'eau d'égout, quelle qu'elle soit, eau de lavage ou eau de vidange, ne doit aller directement ou indirectement à la Seine, si cette eau n'a été épurée par les champs d'épandage.

Les autres capitales emploient, dit-on, des moyens différents : c'est qu'elles n'ont pas à proximité des terrains propres à l'épuration. Berlin pratique un système mixte qui consiste à envoyer sur les champs d'épandage les eaux les plus polluées, et à déverser dans la rivière les eaux considérées comme peu nuisibles; mais, autour de Berlin, le terrain est moins perméable qu'à Paris, les couches moins épaisses,

la surélévation moins grande. Du reste, on enlève au tombereau les ordures ménagères et les détritus du balayage. — A Bruxelles, le tout-à-l'égout est rigoureusement appliqué dans la maison, mais non hors de la maison : il y a déversement direct à la rivière, sans épandage préalable. — A Amsterdam, la situation est spéciale, car la ville est entourée d'anciens marais conquis sur l'Océan, et dont le niveau est inférieur à celui de la haute mer. — A la Haye, le tout-à-l'égout est appliqué avec déversement direct à la mer par un canal spécial de 2 *km*; d'ailleurs, les terrains propres à l'épuration n'existent pas. — En Angleterre, les villes qui ont employé l'épandage des eaux sales continuent cette pratique, sauf à limiter les doses d'arrosage. Celles qui ont recours au traitement chimique n'ont point à proximité des terrains convenables; abandonnant les procédés chimiques, elles créent des filtres artificiels, avec irrigation intermittente, pour pratiquer l'épuration bactérienne, comme pour les champs d'épandage.

M. Périssé conclut donc, pour Paris, à l'envoi de toutes les eaux sans exception sur des champs d'épandage, dont les expériences de Gennevilliers et d'Achères ont démontré la complète efficacité. Tel est le programme que la Ville de Paris s'est tracé; mais ce programme est insuffisant pour l'utilisation agricole. D'une part, en effet, les lois de 1889 et de 1894 imposent un maximum de 40 000 m^3 par hectare; or, le volume des eaux d'égout est de 160 millions par an, ce qui exige au moins 4 000 *ha*; en fait, la Ville n'en possède que 2 500 à l'ouest de Paris, et il n'existe, sur le parcours de son aqueduc unique, que 1 800 *ha* pour lesquels les cultivateurs prendraient des eaux d'égout. D'autre part, ce n'est pas faire une bonne utilisation agricole que de déverser annuellement sur un hectare 40 000 m^3 d'eau d'égout; les chimistes présents dans la salle pourront affirmer que les matières fécales des Parisiens, à raison de 1 300 *g* par habitant et par jour, contiennent des quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse hors de proportion, même pour la culture intensive, avec les 4 300 *ha* dont on dispose. Suivant M. Périssé, une utilisation agricole sérieuse ne comporte pas plus de 12 000 à 15 000 m^3 par hectare et par an, ce qui conduit à tripler ou à quadrupler le nombre d'hectares, et à substituer à l'aqueduc de l'ouest le système rayonnant qu'il a proposé en 1893. On éviterait ainsi le gaspillage des richesses que comporte le système actuel, richesses qui représentent une vingtaine de millions tous les ans.

Eau et égout. — L'examen de ces deux éléments doit être simultané, car la quantité d'eau a une influence directe sur le bon fonctionnement des égouts.

Actuellement, Paris reçoit par jour 220 000 m^3 d'eau de source et 400 000 m^3 d'eau impure; celle-ci n'est pas distribuée dans les appartements, sauf, toutefois en été, dans les années sèches, au moment précisément où il en résulte le plus d'inconvénients. Pour remédier à cette situation, on a acheté des sources nouvelles ; et les eaux du Loing et du Lunain donneront bientôt un appoint de 50 000 m^3.

Les égouts constituent un réseau de 1 000 *km*, et même de 1 500 *km* avec les branchements. Ce sont, pour la plupart, des voies à large section, des subways, qui contiennent bien autre chose que la cuvette des

eau pluviales et des eaux usées. La pente est faible, mais récemment M. l'Ingénieur en chef Bechmann affirmait qu'elle donne un écoulement suffisant pour éviter toute fermentation, car les dépôts sont formés de substances plutôt inertes. Ainsi donc, à l'heure actuelle, les inconvénients signalés par les détracteurs du tout-à-l'égout n'existent pas. Mais l'avenir, et l'avenir très prochain, que réserve-t-il ?

Aujourd'hui, un sixième seulement des maisons a le tout-à-l'égout ; en tenant compte que ces maisons sont parmi les plus importantes et qu'il y a lieu d'ajouter à leurs eaux celles des latrines et des urinoirs publics, on peut dire que le quart seulement des eaux de vidange et ménagères va aux égouts. Il serait impossible du reste, suivant M. Périssé, d'y déverser actuellement la totalité de ces eaux car les 5/6 des maisons n'ont pas encore le tout-à-l'égout ; la quantité d'eau dont la Ville dispose ou va disposer est insuffisante pour la généralisation du système, qui impose des mesures immédiates. Alphand admettait que cette quantité d'eau devait atteindre 1 million de mètres cubes par jour ; M. Périssé rappelle qu'en se basant sur 260 *l* par personne et par jour par 4 millions d'habitants (car il faut étendre à la banlieue le système d'assainissement, sous peine de le compromettre), il a évalué le volume total de l'eau à 1 040 000 m^3, ce qui conduit à 640 000 m^3 d'eau pure. Et c'est un minimum, car il admettait 230 *l* au lieu des 330 indiqués par M. le Directeur du service des Eaux. Dans un avenir peu éloigné, en comptant sur une agglomération de 5 millions d'habitants, il arrive au chiffre de 650 000 m^3 d'eau pure par jour, au lieu des 220 000 actuels : où trouver les 430 000 m^3 indispensables ? M. Périssé n'en voit pas la possibilité, à moins d'aller puiser de l'eau pure plus loin, et particulièrement dans un grand lac. La Société a le souvenir des Communications sur l'adduction des eaux du lac de Neuchâtel et du lac Léman. L'objection basée sur l'éventualité de la coupure de l'aqueduc en cas de guerre doit être écartée, car elle s'applique aux aqueducs moins éloignés et, du reste, l'eau de Seine serait redevenue salubre.

M. Périssé examine l'hypothèse où la Ville ne recourrait pas à ce moyen. Elle n'aurait qu'environ 300 000 m^3, soit moins de la moitié de ce qui lui sera nécessaire pour achever l'assainissement dans les conditions prévues : il faudrait alors renoncer aux égouts, salubres aujourd'hui, insalubres demain, et adopter la conduite fermée préconisée par M. Badois. La consommation des eaux dans les water-closets pourrait alors être réduite, et les eaux ménagères et de vidange auraient moins de volume ; on les refoulerait au loin et dans plusieurs directions en vue d'une utilisation agricole sérieuse ; très riches en principes fertilisants, elles seraient employées à une dose inférieure à 12 000 m^3. Quant aux eaux industrielles et aux eaux de pluie, de lavage et d'arrosage, elles seules iraient dans les cuvettes des égouts actuels, et seraient épurées dans les champs d'épandage dont on dispose, à une dose pouvant aller jusqu'à 100 000 m^3 et même plus, car elles sont peu chargées.

Rester dans la situation d'aujourd'hui sans adopter une des deux solutions qu'il indique, ce serait, pour M. Périssé, s'acculer à une situation grave. Il résume son opinion en lisant les conclusions suivantes :

Conclusions. — En ce qui concerne le moyen de détruire la nocivité des eaux :

a) Emploi de l'épandage pour toutes les eaux sans exception ;

b) Conduites, dans plusieurs directions, pour une bonne utilisation agricole.

En ce qui concerne l'eau et les égouts :

Premier cas : Adduction à Paris d'une quantité d'eau pure triple de la quantité actuelle ;

c) Emploi des égouts, existants ou projetés, pour recevoir toutes les eaux usées ;

d) Adduction d'eaux pures venant, par exemple, du Léman ;

e) Épuration dans les 2 500 *ha* de la Ville de Paris, sans dépasser 40 000 m^3 par hectare, prescrits par la loi ;

f) Utilisation agricole jusqu'à 50 ou 60 *km* pour avoir une surface d'épandage correspondant à 12 ou 15 000 m^3 ;

g) Vente de l'eau au prix de revient pour ne pas empêcher la grande consommation indispensable au bon état des égouts.

Deuxième cas : Quantité d'eau restant ce qu'elle est actuellement ;

h) Installation dans les égouts d'une conduite fermée sous dépression pour les eaux de vidange et ménagères ;

i) Filtrage, sur les 2 500 *ha* de la Ville, des eaux de lavage, d'arrosage et industrielles reçues directement dans les égouts ;

j) Conduite unique dans les appartements, en abaissant au strict nécessaire la quantité consommée dans les water-closets ;

k) Refoulement rapide et au loin, dans des conduites fermées rayonnant autour de Paris, des eaux de vidange et ménagères, pour servir exclusivement à l'utilisation agricole.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Périssé des arguments nombreux qu'il vient d'apporter, et lui pose cette question : à l'heure actuelle, combat-il les conclusions de l'ouvrage dont M. Chardon vient de rendre compte, ou se rallie-t-il à ses conclusions, à savoir l'installation, en toute occurence, d'une conduite spéciale pour les produits des fosses d'aisances ?

M. PÉRISSÉ pensait s'être expliqué sur ce point. Il est d'accord avec l'ouvrage pour l'utilisation agricole ; il repousse tout envoi d'eau d'égout à la Seine ; il n'admet que les champs d'épandage, à l'exclusion de tout traitement dans les usines.

Il ne considère pas comme fondées certaines critiques sur ce qui a été fait à Paris ; mais, en portant plus loin son étude, il a été conduit à considérer deux cas : 1° Adduction d'une grande quantité d'eau pure, solution qu'il préfère parce qu'elle conserverait à Paris sa beauté, sa propreté et sa salubrité ; 2° Conduite fermée, qui s'imposera à bref délai pour achever l'opération du tout-à-l'égout, si on reste dans le *statu quo* au point de vue de la quantité d'eau.

M. LE PRÉSIDENT constate que la transformation préconisée par MM. Badois et Bieber n'a pas les préférences de M. Périssé. Cela étant, il donne la parole à M. Badois.

M. E. Badois dit qu'il a un double motif de prendre la parole : il tient à remercier M. Chardon, en son nom et pour M. Bieber, de l'analyse qu'il vient de faire et de la façon dont il l'a faite ; il tient aussi à remercier notre Collègue M. Périssé d'avoir, à propos de la canalisation séparée, amené la question du lac Léman. C'est pour lui une surprise agréable, car on a très souvent présenté ces deux questions comme se combattant l'une l'autre, tandis qu'au contraire elles se lient très bien.

M. Périssé demandait : ou bien l'adduction du Léman, en faveur de laquelle il a produit de fort bons arguments ; ou bien, à son défaut, la canalisation spéciale réservée aux eaux ménagères et de vidanges, en raison de la pénurie d'eau à laquelle on se trouvera réduit. M. Badois est convaincu qu'on arrivera à faire les deux choses. On a prétendu que le projet du Léman gênerait le système d'assainissement adopté à Paris parce qu'il doublerait au moins le volume d'eau à évacuer par les égouts actuels. Cette objection, assez imprévue, n'existe plus si l'on recueille dans une conduite spéciale les eaux souillées des maisons, les plus fertilisantes, qui ne formeront à Paris que le sixième environ du volume total ; ces eaux seront refoulées au loin et mises à la disposition des agriculteurs. Les 5/6 restant dans l'égout seront les eaux pluviales et d'arrosage, moins souillées, surtout si l'on empêche l'introduction des boues et des immondices des chaussées. Ces eaux moins riches n'offriront plus le même intérêt pour le cultivateur ; elles pourront alors être épurées avant de retourner à la rivière, au plus près et par les moyens les moins coûteux, même par filtrage. M. Périssé a, sous ce rapport, très bien compris la pensée et la conclusion du livre. En ce qui concerne les besoins d'eau pure, ils iront toujours en augmentant et il faudra les satisfaire. Mais ce n'est pas le sujet en discussion aujourd'hui.

M. Badois ajoute à ce qu'a dit M. Chardon quelques considérations sur la tendance que l'on remarque actuellement en Angleterre pour la solution du problème de l'épuration des eaux. Il y a vingt-cinq ans, on n'admettait que l'utilisation du *sewage*, c'est-à-dire des eaux d'égout par l'épandage ; on ne parlait que de leur emploi dans les fermes dites *sewage-farms*. M. Ronna a présenté à la Société en 1874 un fort beau mémoire sur ce sujet. — On est revenu des illusions qu'on avait sur les profits à retirer de ces exploitations, utilisant le mélange de toutes les eaux avec l'arrosage à hautes doses. Une vaste Compagnie s'était formée pour irriguer tout le Comté d'Essex, jusqu'à la mer du Nord, au moyen des eaux d'égout de Londres prises à Barking ; elle sombra promptement, et il ne reste que les vestiges de ses travaux interrompus.

Aujourd'hui les Ingénieurs anglais suivent cet axiome : « le *sewage* doit aller à la terre, et l'eau de pluie à la rivière ». Lorsque la dépense d'un drainage séparé pour les eaux pluviales n'est pas inabordable, comme elle serait à Londres par exemple, où l'on a la Tamise maritime pour exutoire), ils établissent deux canalisations : le *sewer* pour les eaux souillées, le *drain* pour l'eau pluviale. Les détritus solides n'entrent dans aucune de ces deux conduites. De plus, en général, on fait subir au *sewage* un traitement par l'eau de chaux et le sulfate de protoxyde de fer à dose très minime, ou bien encore par le *ferosone*, composé de sels

très oxydants, afin de séparer les boues par précipitation ; les liquides sont alors envoyés sur le sol, lorsque c'est possible, ou sont filtrés avant de s'écouler à la rivière. Les boues sont essorées ou passées au filtre-presse ; elles servent d'engrais ou sont incorporées directement à la terre de culture. A Londres, ces boues forment un volume journalier de 6 000 tonnes, et sont transportées à la mer au moyen d'une flotte de six steamers à citernes.

D'autre part, on reconnaît maintenant en Angleterre que pour conduire à une utilisation rationnelle, le *sewage* et l'eau de pluie doivent être recueillis séparément. En Allemagne, le professeur Vogel est arrivé à la même conclusion, dans un ouvrage publié en 1896, à la suite d'un voyage d'études dans nombre de villes allemandes et dans les principales villes d'Angleterre et de Hollande, pour le compte d'un syndicat d'agriculteurs. Cet auteur reconnaît qu'on ne peut, le plus souvent, faire de l'épandage profitable, financièrement parlant, qu'avec les produits de la canalisation séparée.

De tous ces faits il résulte, dit M. Badois, qu'à Paris, où l'on a l'avantage de posséder un réseau d'égouts spacieux, créés et très bien aménagés pour l'évacuation des eaux pluviales et d'arrosage, rien n'empêcherait d'établir, pour les eaux ménagères et les vidanges, une conduite spéciale qui aurait les avantages indiqués par M. Chardon. Il espère, d'ailleurs, qu'on finira par s'apercevoir à Paris que c'est une erreur de précipiter dans les égouts les détritus des chaussées, les sables et les boues des rues, pour se donner la peine de les en retirer à grands frais, ce qui ne se fait nulle part ailleurs.

En terminant, M. Badois tient à rendre hommage à son Collègue et ami M. Bieber, éloigné de France en ce moment, pour le précieux concours qu'il a apporté au travail commun ; sa connaissance approfondie des langages techniques des pays visités a donné lieu à des conférences fort intéressantes avec les Ingénieurs les plus compétents de ces pays, conférences auxquelles sa science technique et la justesse de son esprit donnaient un caractère de grande précision.

M. Périssé répond que si l'on fait venir l'eau du Léman, Paris sera splendide, et c'est la solution qu'il préfère. Mais faire en outre la conduite fermée serait une grosse dépense ajoutée à une autre grosse dépense, et il faut penser aux contribuables. Il estime qu'avec l'adduction des eaux du Léman la conduite fermée n'est pas nécessaire, tandis qu'elle s'impose sans cette adduction.

M. E. Badois pense que la Société comprendra sa réserve, car la question soulevée par M. Périssé est soumise à l'examen d'une haute Commission administrative, à laquelle un *mémorandum* a été présenté. Toutefois, il croit ne pas sortir de cette réserve en répondant à ce qui vient d'être dit au sujet de la dépense à la charge des contribuables.

Si on accorde la concession sollicitée, l'adduction des eaux du Léman, dit M. Badois, ne coûtera rien aux contribuables ; cette entreprise ne demandera d'argent qu'aux personnes qui voudront faire un bon placement. On a dit 7 à 8 0/0 et le chiffre ne lui paraît pas exagéré. Lorsque avec une dépense de 450 millions de francs, on fournit 2 millions de

mètres cubes d'eau par jour, on peut donner 4 0/0 au capital et faire face aux dépenses d'exploitation avec une annuité de 20 millions de francs, soit à moins de 0,03 *f* le mètre cube d'eau amenée dans les réservoirs. A 0,06 *f*. à 0.07 *f*, le revenu du capital est au moins doublé, le coût est moitié moindre que le prix de revient des eaux de sources actuelles, et n'est pas plus élevé que celui de l'eau de Seine. Ce serait donc une ressource profitable à la Ville, sans être une cause d'imposition nouvelle. A qui donc cette œuvre coûtera-t-elle si cher ? à personne, ni au Gouvernement, ni aux villes, ni aux contribuables; on ne sollicite pas de subvention; on ne demande que l'autorisation de mettre en valeur, pour un service public de premier ordre, une richesse nationale qui reste improductive,

M. Ch. Decaux se demande à combien reviendra l'adduction des eaux du Léman, et combien de temps il faudra pour l'exécuter. On a parlé de 800 millions et de 10 années : c'est une grosse dépense comme argent et comme temps pour un résultat qu'il juge minime.

A la suite de ses travaux avec Dumas et Pelouze, il a publié il y a 17 ans dans le *Génie Civil* un article dont il distribue une trentaine d'exemplaires; il y posait ainsi la question : « La France doit être considérée, au point de vue de l'agriculture, qui est une de ses principales richesses, comme une grande ferme dont les villes représentent les écuries, les étables et les bergeries, où sont consommées les matières les plus riches de la production du sol... et les fumiers qui en résultent ont la plus grande puissance fertilisante. Une ferme qui gaspillerait ou jetterait ses fumiers à l'eau, sans les restituer au sol, serait une ferme ruinée dans une période de temps plus ou moins courte. »

Mais comment restituer au sol? Intégralement, dit M. Decaux, en établissant une zone au delà de la zone de fertilisation produite par la gadoue de Paris; en y amenant les matières fécales par des moyens moins coûteux que le tout-à-l'égout; en recueillant dans des citernes ces matières que viendront bientôt acheter presque tous les cultivateurs. On a voté 117 millions pour le tout-à-l'égout et l'épandage, et on demandera de nouveaux crédits : c'est une solution trop chère.

D'ailleurs, M. Decaux estime que l'épandage est ou sera inefficace : lorsque le sol absorbera l'eau d'égout à raison de 40 000 m^3 par hectare, sa faculté d'absorbtion décroîtra rapidement; les parties liquides passeront sans s'épurer suffisamment, parce que le terrain est siliceux; avec un terrain calcaire, il en serait de même au bout de peu de temps, quand la couche serait saturée. Filtrez de l'urine à travers du sable, vous aurez de l'urine filtrée, mais de l'urine; on n'arrête donc pas les matières fertilisantes, et l'épandage, tel qu'il est pratiqué, ne se prête pas à l'utilisation agricole.

M. Petit de Forest demande à M. Decaux comment on ferait avec son système, puisque les matières fécales arrivent constamment.

M. Decaux répond qu'au lieu de dépenser 117 millions pour le tout-à-l'égout, on pourrait, à titre d'essai, avec une canalisation de 3 millions, amener les matières dans des citernes suffisamment vastes où elles

seraient prises sans frais pour la ville. Les dépenses d'installation se raient du reste rapidement couvertes par les ventes.

M. F. Marboutin remarque qu'il y a deux procédés en présence : faire l'épandage d'une façon continue sur des terrains siliceux, comme cela se pratique à Gennevilliers et à Achères; amener les eaux d'égout sur d'autres terrains, où les cultivateurs les prendront et les utiliseront quand et comme il leur plaira. Or Gennevilliers est un exemple d'épuration pour ainsi dire parfaite. Au point de vue bactériologique, les eaux d'égout contiennent plusieurs millions de bactéries à leur arrivée, et 10 000 à peine à leur sortie. Au point de vue des dépôts chimiques, les expériences faites au Laboratoire de Montsouris ne sont pas moins concluantes, et ce point de vue est encore plus important, comme l'a reconnu M. Duclaux lui-même, qui crée à l'Institut Pasteur un service pour l'étude des eaux. A Gennevilliers, l'eau d'égout est chimiquement épurée précisément par l'action des bactéries qui transforment les matières en azote nitrique, absolument inoffensif, et que malheureusement nous perdons.

Ainsi, contrairement à ce qui vient d'être dit, lorsqu'on fait passer la matière liquide souillée sur des couches siliceuses elle ne sort point telle qu'on l'a épandue; elle se transforme et s'épure complètement avec une épaisseur d'environ 2 *m* : c'est ce que M. Marboutin tenait à rectifier.

M. le Président se félicite du débat qui vient d'avoir lieu, et conclut en disant qu'il a été fait beaucoup, et qu'il y a encore beaucoup à faire : aussi y aura-t-il peut-être lieu, en temps opportun, de reprendre la discussion.

Les trois communications que la longueur du débat sur le tout-à-l'égout n'a pas permis d'entendre figureront à l'ordre du jour de la prochaine séance où notre Collègue, M C. de Cordemoy, des plus compétents en la matière, a bien voulu se charger d'analyser l'ouvrage de M. Lokhtine sur le *Mécanisme du Lit fluvial*. Nous aurons le plaisir d'avoir M. Fargue, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, auteur d'importants travaux sur la Garonne et Président de la Commission chargée de l'étude de la Loire navigable. Nos Collègues MM. Fleury et R. Le Brun doivent prendre la parole, et nous sommes assurés d'avoir une discussion intéressante.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. L.-Ch. Cailliatte, P.-M.-E. David, Ch.-L. Dumas, Ch.-A. Faber, H. Horneman, E. Kléber, H.-A. Letourneau, J.-E. Ribera, G. Vinant comme membres sociétaires.

MM. P. Armingeat, P. Bouhey, A. Boyer-Guillon, P.-A. Bursaux, F. Cottarel, G. Gadot, A.-B. Gosse, L.-J. Miguet, G. Philippart sont reçus membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
R. Soreau.

RAPPORT

SUR LE

CONGRÈS INTERNATIONAL DES HABITATIONS A BON MARCHÉ

réuni à Bruxelles en juillet 1897

PAR

E. CACHEUX

Vous avez bien voulu me confier la mission de vous rendre compte des travaux du Congrès des Habitations à bon marché, réuni à Bruxelles au mois de juillet 1897. Je vous remercie de cette marque de sympathie et je viens m'acquitter de mon mandat.

Le Congrès de Bruxelles a été très important au point de vue du nombre et de la notabilité de ses adhérents. La première séance fut ouverte par M. le Ministre Beernaert qui, dans un discours magistral, énuméra les résultats acquis en Belgique dans la question des petits logements et constata que dans les divers pays de l'Europe on s'en occupait également avec succès. Onze gouvernements étaient officiellement représentés au Congrès de Bruxelles qui, sur ses cinq cents adhérents, comptait une centaine d'Étrangers, dont la plupart étaient délégués par des collectivités. Après la constitution du bureau, dans lequel la France fut brillamment représentée, les travaux commencèrent par l'examen de l'intervention des pouvoirs publics dans la question des habitations à bon marché. Un certain nombre de mémoires avaient été préparés par des hommes compétents qui tous se prononcèrent pour une intervention de l'Etat dans la question des petits logements, mais qui différèrent sensiblement sur la manière dont cette intervention devait avoir lieu.

Disons tout de suite que le Congrès laissa à chacun de ses membres le soin de se faire une conviction, car il fut décidé en principe qu'il n'émettrait pas de vœux. Cette résolution fut vivement combattue par plusieurs membres du Congrès, mais elle fut adoptée par la majorité des assistants. La principale raison invoquée par les adversaires du vote dans les Congrès est la sui-

vante. Plusieurs pays sont intervenus résolument dans des questions économiques, par suite il serait désagréable pour des délégués de voir ratifier par une majorité facile à obtenir des vœux contraires à la manière d'agir des gouvernements qu'ils représentent.

Les partisans des votes prétendent que l'objet essentiel des Congrès internationaux est de soulever des discussions, de provoquer des vœux et des résolutions, que l'autorité puisse ensuite utiliser *si elle le juge convenable.* — Nous regrettons, pour notre compte, de n'avoir pas à reproduire ici des textes de vœux émis, car notre tâche eût été bien simplifiée et nous nous serions contenté d'étudier les moyens propres à les mettre à exécution. Devant un fait acquis nous ne pouvons que nous incliner et nous résumerons le plus méthodiquement possible ce qui a été fait par les divers gouvernements pour améliorer l'état des petits logements. L'action du gouvernement peut, comme nous l'avons déjà dit dans notre premier, ouvrage intitulé : Les Habitations ouvrières en tous pays, fait en collaboration avec mon regretté maître Émile Muller, s'exercer de trois manières. Cette action peut être soit pécuniaire, soit morale, soit législative.

Les États sont intervenus pécuniairement de diverses façons. En 1852, le gouvernement français affecta une somme de dix millions à l'amélioration des petits logements. Une somme de deux millions fut consacrée à la construction de dix-sept maisons boulevard Diderot, deux autres millions furent donnés à titre de subvention, à raison d'un tiers de la dépense, à des constructeurs d'habitations ouvrières; quelques centaines de mille francs furent distribuées à des Sociétés de province, parmi lesquelles nous citerons celle des Cités ouvrières de Mulhouse qui employa les 300 000 *f* qu'elle reçut à la construction de rues, d'égouts, d'un restaurant économique et de divers autres bâtiments d'utilité publique.

Divers gouvernements ont prêté à des taux modérés des capitaux à des constructeurs d'habitations ouvrières. Nous citerons l'Etat anglais qui consentit au taux de 3 0/0 l'an, avec obligation de rembourser par annuités, des prêts d'une valeur s'élevant à une cinquantaine de millions de francs à des constructeurs d'habitations ouvrières. Le Parlement allemand a suivi cet exemple ; en 1895, il affecta une somme de cinq millions de marcs à l'amélioration des petits logements.

L'Etat peut également agir à l'égard de ses ouvriers comme le

fait tout patron soucieux du bien-être de son personnel. L'Etat prussien s'occupe depuis longtemps du logement des mineurs qu'il emploie; tantôt il met à leur disposition des habitations établies par ses soins; dans d'autres cas, il leur fournit du terrain et des matériaux de construction; enfin, il a provoqué la construction de maisons par le don de primes et de prêts sans intérêts. C'est ainsi que, de 1842 à 1891, les ouvriers mineurs de Sarrebruck ont pu construire 3 081 maisons.

Le gouvernement français a fait de grands sacrifices pécuniaires pour loger les douaniers. Il en loge un certain nombre dans des maisons à étages divisées en petits logements et dans des habitations pour une famille; de plus, il donne des indemnités à ceux de ses agents qui trouvent difficilement des logements convenables à bon marché.

Les Départements et les Villes ont suivi l'exemple donné par l'État.

Le département de la Seine vient de construire pour loger les gardiens de la prison de Fresnes plusieurs logements. Les célibataires peuvent louer des chambres moyennant le prix de 90 *f*, et les gardiens mariés, des logements de deux et plusieurs pièces. Le prix d'un logement est le même, quel que soit le nombre de ses pièces; il est fixé uniformément à 150 *f*, mais les logements sont répartis en tenant compte du nombre d'enfants des gardiens, de façon qu'ils puissent les loger convenablement.

Bien souvent les municipalités ont manifesté le désir de construire des maisons à petits logements, mais jusqu'à présent il en existe très peu qui aient mis leurs projets à exécution.

La ville de Liverpool est propriétaire d'un certain nombre de maisons qu'elle a fait construire pour remplacer celles qu'elle a fait démolir.

La municipalité de Londres a changé la physionomie de plusieurs quartiers en démolissant des groupes de maisons insalubres et en les remplaçant par des habitations convenables. La première opération de ce genre a été commencée en 1892. Depuis cette date, 47 maisons ont été construites: elles servent à loger 7 038 personnes.

Les logements sont loués au même prix que ceux qu'ils remplacent; mais, comme ils sont bien plus confortables, on comprend qu'il soit possible de faire un choix parmi les locataires et par suite de subir une perte peu importante sur la rentrée des loyers. En 1896, la perte sur les loyers ne fut que de 1,07 0/0.

Le prix de revient des 47 maisons a été de 9 914 100 *f*. Cette somme a été empruntée par les autorités municipales de Londres et elles la remboursent moyennant le paiement pendant 60 ans d'une annuité de 321 725 *f*.

Le produit brut est de			582 400 *f*
le montant des frais est de .	249 825 *f*	}	571 550
celui de l'amortissement . .	321 725	}	
RESTE			10 850 *f*

Dans 60 ans, la municipalité sera propriétaire des 47 immeubles et les contribuables profiteront des dépenses faites par leurs aînés.

Les chiffres que nous donnons sont extraits d'un rapport présenté au Congrès par M. Owen Fleming, architecte du *County Council de Londres*, Conseil qui administre la ville de Londres, sauf la Cité. D'après M. G. Picot, les opérations faites par les villes ne sont pas aussi avantageuses qu'on le croit, et elles se chiffreraient par des pertes considérables, si l'on voulait tenir compte de toutes les dépenses faites pour exproprier les propriétaires des maisons démolies, indemniser les locataires, amenager les rues nouvelles, etc.

En Angleterre, on ne regrette pas les dépenses faites pour démolir les maisons en mauvais état, car on estime qu'en les remplaçant par des maisons saines, on économise beaucoup d'existences humaines.

Les représentants du Conseil général de la Seine et de la Municipalité de la Ville de Paris délégués au Congrès de Bruxelles, séduits par les résultats annoncés par les délégués du County Council de Londres, ont demandé aux congressistes d'émettre un vœu invitant les pouvoirs publics des municipalités à suivre l'exemple donné par ceux de la ville de Londres; mais, la proposition soumise aux délibérations du Congrès fut combattue par M. Cheysson et elle fut rejetée.

Les délégués français du département de la Seine et de la la Ville de Paris ne se sont pas tenus pour battus, et ils vont soumettre la question à leur Conseils respectifs.

Au Comité des Habitations à bon marché du département de la Seine, M. O. Du Mesnil a présenté un projet de cité pour chiffonniers, d'après lequel un logement composé de deux pièces et d'un magasin pour chiffons, reviendrait à 5 500 *f* environ, et serait loué 200 *f* environ. La dépense serait supportée par le départe-

ment. Le Comité a approuvé le projet, et le Conseil général de la Seine sera prochainement appelé à se prononcer.

Pour notre compte, nous n'approuvons pas la construction de maisons ouvrières, soit par l'État, soit par la Ville; car l'industrie privée peut livrer des logements à meilleur marché qu'une administration et nous croyons que les autorités pourraient intervenir bien plus utilement au point de vue législatif et au point de vue moral.

Action de l'État au point de vue législatif.

L'action législative, relative aux habitations à bon marché est très importante. C'est en Angleterre que cette action a produit les effets les plus considérables. En 1868, 1879 et 1885, des actes du Parlement prescrivirent de démolir les maisons insalubres qui existaient dans les villes du Royaume-Uni et de les remplacer par des maisons salubres. Tous ces actes du Parlement ont été réunis en un seul, connu sous le nom de « Housing of the Working Classes. Act 1890. »

Cet Act enjoint aux autorités municipales d'intervenir toutes les fois qu'elles trouveront que les propriétaires de maisons ne veulent ou ne peuvent maintenir leurs propriétés dans un état salubre. En vertu de cette loi, les autorités municipales peuvent démolir, soit un petit groupe de maisons, soit un quartier entier.

Les propriétaires expropriés reçoivent une indemnité qu'on règle, en tenant compte du nombre des locataires qui se trouvent dans les maisons, et de l'état de délabrement des logements. Le prix, quand les logements sont encombrés, est calculé d'après le loyer qu'on obtiendrait en réduisant le nombre des habitants à celui qui peut être convenablement logé dans les maisons; lorsque les maisons sont en mauvais état, on déduit du prix d'estimation la somme nécessaire pour les réparer et, enfin, quand les maisons sont impropres à l'habitation, on n'évalue que le prix du terrain et celui des matériaux.

Lorsqu'un grand quartier est démoli, la loi impose l'obligation d'établir, dans les nouvelles constructions, un nombre de logements suffisant pour contenir au moins la moitié des habitants vivant précédemment dans l'ancien. Mais cette obligation ne s'étend pas aux petits groupes de maisons. Cette mesure a été soumise à l'appréciation des membres du Congrès de Bruxelles. Deux mémoires préparatoires ont eu pour objet l'étude des me-

sures à prescrire en cas d'expropriation par zone. En Belgique, le Gouvernement, avant de décréter une expropriation par zone dans des quartiers spécialement habités par la classe ouvrière, prend l'avis du Comité de patronage (créé en vertu de la loi du 9 août 1889, sur les habitations à bon marché dont nous allons parler), sur les conditions à imposer au sujet de la revente des terrains compris dans l'expropriation.

Les Comités de patronage, lorsqu'ils sont consultés, indiquent comme condition à imposer à l'expropriant, l'obligation de remplacer les habitations ouvrières qu'il fait disparaître. Malheureusement, en pratique, on ne tient pas compte de cet avis, et les expropriés vont se loger dans les faubourgs ou s'entassent dans les quartiers avoisinants. En France, dès 1848, un député proposait de reconstruire le long des nouvelles voies parisiennes, un certain nombre de maisons à petits logements, mais, sa proposition fut combattue par divers orateurs. Il en fut de même à Bruxelles, les rapporteurs des mémoires préparatoires avaient adopté des conclusions contraires, l'un, demandant au gouvernement d'imposer, dans tous les cas, l'obligation de mettre des logements à la disposition des habitants expropriés; et l'autre, disant qu'il n'y avait pas lieu de rendre cette obligation générale. Les orateurs qui prirent la parole furent d'accord pour demander l'adoption des mesures en faveur des expropriés, mais ils différèrent beaucoup sur la nature de celles qu'il y avait lieu de prendre.

Pour nous, nous ne voyons pas une municipalité obliger l'acquéreur d'un terrain valant de 1 000 à 3 000 *f* le mètre, à y construire une maison contenant des logements composés de deux pièces, et ayant une superficie de 30 m^2.

Lorsque la Ville de Paris perça l'avenue de l'Opéra, elle détruisit un grand nombre de petits logements; le terrain acquis, par suite de l'expropriation, fut revendu par la Municipalité à près de 1 000 *f* le mètre.

Le prix du mètre superficiel du logement d'une maison ouvrière à six étages, serait donc composé de la manière suivante :

Prix de la construction	100 *f*
Prix du terrain : 160 + 40 = pour tenir compte de la cour.	200
Soit.	300 *f*

Le prix du logement serait de $30 \times 300 = 9\,000$ *f*, et son loyer de 540 *f*, si l'on voulait retirer 4 0/0 de l'argent employé.

Le percement de la rue Réaumur, à Paris, a fait vendre du terrain jusqu'à 4000 *f* le mètre. On ne peut donc pas généraliser, d'après nous, la marche à suivre en cas de démolition d'un quartier.

Le Gouvernement belge s'est beaucoup occupé de la salubrité des petits logements, les lois des 14-15 décembre 1789, 16-24 août 1790, 19-22 juillet 1791, 30 mars 1836 et 30 juin 1862 remettent aux Conseils communaux le soin de la salubrité publique. La commune a, sur ce terrain, une mission prépondérante et, dans tous les pays, les municipalités ont promulgué des règlements qui leur permettent d'assurer le bon état des habitations au point de vue hygiénique.

Malheureusement, en pratique, la mise à exécution des règlements ne se fait pas comme on pourrait s'y attendre, lorsqu'on étudie les mesures prises par les diverses municipalités qui se sont occupées d'améliorer les petits logements.

En France, on a créé des Commissions de logements insalubres et on leur a donné la mission de veiller au maintien du bon état des habitations au point de vue hygiénique. Malheureusement, les Commissions ne fonctionnent pas, et il en existe très peu dans notre pays qui remplissent la mission qui leur a été confiée. Le même fait s'est reproduit dans divers pays; c'est pourquoi on a créé, notamment en Allemagne, des inspecteurs qui visitent les petits logements et veillent à l'exécution des règlements municipaux. La question de l'inspectorat des logements à bon marché fut soumise aux délibérations des membres du Congrès et trois rapports préparatoires furent distribués à ses membres. Les trois rapporteurs furent unanimes pour demander la création d'inspecteurs dépendant de l'Administration centrale, chargée d'appliquer rigoureusement les lois et règlements concernant l'hygiène et la salubrité.

Leurs conclusions ne furent pas adoptées à l'unanimité, et plusieurs orateurs prétendirent que les fonctionnaires n'accompliraient pas mieux la mission qu'on leur confierait que les Conseils d'hygiène ou les Commissions de logements insalubres. Nous ferons seulement remarquer que l'idée de considérer la location des logements comme une industrie analogue à celle de la vente d'aliments, commence à pénétrer de plus en plus dans les milieux administratifs. En Amérique, les maisons à loyers (Tenement houses), c'est-à-dire celles qui sont occupées par plus de trois familles différentes payant un loyer, sont soumises, deux fois par

an, à la visite d'inspecteurs spéciaux qui ont la mission de provoquer la destruction de toutes les causes d'insalubrité. C'est grâce à l'adoption de cette mesure que l'on attribue à New-York la diminution de la mortalité qui, de 32 0/00 qu'elle était en 1860, est descendue aujourd'hui à 21,52 0/00.

La question concernant la liberté de tester ne pouvait manquer d'être traitée dans une réunion organisée par les disciples de Le Play, c'est pourquoi un rapport préalable, intitulé : Des restrictions concernant la cession, la saisie et le partage, rédigé par M. le conseiller Stinglhammer, fut imprimé et distribué aux congressistes ; l'auteur posa les conclusions suivantes :

I. — Il y a lieu de reviser la législation actuelle en faveur de la conservation des patrimoines, spécialement en ce qui concerne le partage forcé, les droits de la femme pendant le mariage et les droits du conjoint survivant.

II. — Pour assurer la conservation du domaine familial ; il y a lieu de préconiser entre autres les mesures suivantes :

1° Pendant la vie du chef de famille, interdiction de céder ou d'engager le domaine familial sans l'intervention de la femme ;

2° Prolongation de l'indivision au moyen de l'usufruit légal attribué au conjoint survivant et interdiction de demander le partage jusqu'à la majorité de tous les enfants ;

3° Suppression du droit pour les héritiers d'exiger leur part en nature et la vente par licitation ;

4° A défaut d'arrangement de famille ou de désignation de l'héritier par le père ou d'acceptation par cet héritier, attribution du domaine familial par tirage au sort entre les enfants disposés à reprendre l'immeuble ;

5° Rachat par l'héritier favorisé des parts de ses cohéritiers au moyen de combinaisons financières qui pourraient être facilitées soit par la Caisse générale d'Épargne, soit par les sociétés créées suivant la loi de 1889, soit par des sociétés de construction.

La discussion qui s'engagea à la suite du rapport de M. Stinglhammer fut très intéressante et M. Challamel, délégué français du Ministère de la Justice, exposa le mécanisme du nouveau système successoral inauguré par la loi du 30 novembre 1894 sur les habitations à bon marché, qui permet pour les petits héritages le maintien de l'indivision pendant une période de cinq à dix années et qui autorise l'attribution de la maison à l'un quelconque

des héritiers, en évitant ainsi la formalité si onéreuse de la licitation.

Cette mesure n'est pas encore adoptée en Belgique, mais M. Thomas, délégué belge du Ministère des Finances, a déclaré au nom de son ministre, M. de Smet de Naeyer, qu'elle le serait bientôt. De son côté, M. Neumann, délégué du Grand-duché de Luxembourg, a fait connaître qu'une disposition analogue allait être promulguée dans son pays.

M. Challamel ainsi que M. Stinglhammer n'admettent pas qu'il faille déclarer insaisissable la maison de l'ouvrier.

En résumé, l'action législative de l'État peut prendre comme modèles les lois belge et française sur les habitations à bon marché promulguées la première en 1889 et la seconde en 1894.

La loi française crée dans chaque département un ou plusieurs comités des habitations à bon marché qui ont pour objet de provoquer l'établissement de petits logements. La loi autorise les bureaux de bienfaisance, les hospices et hôpitaux à employer un cinquième de leur patrimoine à la construction de petits logements ainsi qu'en prêts hypothécaires à des Sociétés de Crédit Foncier.

La Caisse des Dépôts et Consignations est autorisée à employer, jusqu'à concurrence du cinquième, la réserve provenant de l'emploi des fonds des caisses d'épargne qu'elle a constituée en obligations négociables des sociétés de construction et de crédit indiquées plus haut.

La Caisse d'assurance en cas de décès est autorisée à passer avec les constructeurs des habitations à bon marché qui se libèrent du prix de leur habitation au moyen d'annuités des contrats d'assurances temporaires ayant pour but de garantir à la mort de l'assuré, si elle survient dans la période d'années déterminées, le payement des annuités restant à échoir.

La loi assure, ainsi que nous l'avons dit, la possibilité de l'acquisition d'une maison à bon marché à l'un des héritiers du défunt.

La loi assure quelques avantages aux constructeurs d'habitations à bon marché qui satisfont à ses conditions. Les constructeurs sont exonérés des contributions pendant cinq années. Les droits de mutation, en cas de vente, pourront être payés en fractions égales dont le nombre ne pourra être supérieur à cinq. Les sociétés seront dispensées du paiement de la patente, etc.

L'action morale de l'État pourrait être exercée de la façon suivante, d'après plusieurs orateurs :

1° Publication, mise en vente à prix réduit ou même distribution gratuite de plans et devis appropriés pour la construction de maisons d'ouvriers tant dans les campagnes que dans les villes ;

2° Construction de quelques habitations pour servir de modèles dans les principaux centres de population ;

3° La surveillance gratuite des constructions par architectes du gouvernement ;

4° L'enseignement dans les écoles de dessin et dans les écoles primaires des principes essentiels de l'architecture domestique et rurale ;

5° L'institution de prix et récompenses pour les auteurs des constructions les plus convenables ;

Nous ferons remarquer que les règles de la bonne construction sont aujourd'hui connues (1) et qu'il serait facile de procurer à peu de frais aux personnes désireuses de construire convenablement des plans avec tous les documents nécessaires pour les mettre à exécution.

Le gouvernement a été sollicité plusieurs fois de faire des enquêtes pour signaler les endroits où il serait utile d'améliorer les logements. Jusqu'à présent, il a été fait des enquêtes officielles en Angleterre, en Belgique, aux États-Unis et en France.

En France, des enquêtes sérieuses ont été faites par l'intermédiaire des commissions de logements à bon marché, créées en vertu de la loi, dite Siegfried, du 30 novembre 1894.

Quelques municipalités, parmi lesquelles nous citerons celles de Dieppe et de Bordeaux, ont fait des enquêtes très intéressantes. A Paris, M. le Dr A.-J. Martin a créé un service qui a pour objet de s'occuper d'établir le casier sanitaire de tous les immeubles de la ville. Dans peu d'années, cet intéressant travail sera terminé.

En Suisse, les municipalités ont voté d'importants crédits pour faire des enquêtes et celle de Bâle peut être considérée comme un modèle. M. Schnetzler, délégué de la ville de Lausanne, a rendu compte, dans un rapport préparatoire très bien fait, de ce qui a été fait en Suisse par plusieurs villes et notamment par celle qu'il représentait au Congrès.

(1) *Les Habitations ouvrières en tous pays*, 2e édition, par E. Muller et E. Cacheux, lauréats de l'Institut. Baudry et Cie, Paris.

En résumé, il nous a semblé que le Congrès était partisan de l'intervention de l'État et des municipalités, mais que cette intervention ne devait se manifester que là où l'initiative privée avait besoin d'être encouragée par des mesures transitoires et où elle était impuissante, comme par exemple pour connaître l'état des petits logements, dont l'entrée peut être refusée aux personnes qui n'ont pas de caractère officiel.

Action des Caisses d'Épargne. — L'action des Caisses d'Épargne fut très bien exposée par M. E. Rostand.

En France, les Caisses d'Épargne, sauf celles de Lyon et Marseille, ont peu contribué à l'amélioration des petits logements.

La Caisse d'Épargne de Paris a tout récemment, grâce à des démarches nombreuses de notabilités très influentes, consenti à prêter des capitaux au Coin du Feu, société coopérative de construction de Saint-Denis.

La Caisse des Dépôts et Consignations n'a, jusqu'à présent, consenti qu'un seul prêt en vertu de la loi du 30 novembre; c'est pourquoi M. Siegfried s'est arrêté à l'idée de créer une Société de crédit, qui serait intermédiaire entre les constructeurs et la Caisse des Dépôts et Consignations.

En Belgique, la Caisse d'Épargne a été la principale cause de la construction des nombreuses habitations pour une famille qui s'y trouvent. Depuis la promulgation de la loi, la Caisse d'Épargne a prêté, au taux de 2 1/2 0/0 l'an, une somme de 15 477 460 francs à 125 Sociétés d'habitations ouvrières.

Jusqu'à présent, les pertes ont été insignifiantes, quoique les avances faites représentent les neuf dixièmes de la valeur des propriétés. Il convient de dire que les prêts ne sont consentis qu'à des Sociétés qui trouvent facilement à tirer parti de la propriété d'un de leurs membres qui deviendrait insolvable.

Plusieurs économistes ont fait remarquer que la Caisse d'Épargne desservait 2,78 0/0 d'intérêts en moyenne aux déposants et que, par suite, les placements effectués sur les habitations ouvrières n'étaient pas à recommander. Il est facile de réfuter cette objection, car, jusqu'à présent, les fonds employés en placements immobiliers restaient improductifs pour les déposants dans les caisses de l'Établissement.

Action des Compagnies d'assurances. — Les Compagnies d'assurances françaises font peu d'affaires avec les constructeurs d'habitations ouvrières.

Les Compagnies d'assurances belges ont réalisé un grand nombre d'assurances sur la vie et elles ont prêté des capitaux importants à des constructeurs de maisons valant plus de 5.000 francs, qui ne pouvaient pas en obtenir de la Caisse d'Épargne.

En Allemagne, les Sociétés d'assurances placent également des sommes considérables sur les habitations à bon marché.

Règles générales qu'il convient d'adopter dans les grandes agglomérations pour la construction de logements à bon marché, destinés à être occupés par une famille.

Trois rapports ont été rédigés sur cette question, mais ils n'ont pas été de nature à augmenter beaucoup les connaissances des Ingénieurs qui se sont occupés des habitations à bon marché, aussi nous n'insisterons pas sur leur contenu et nous nous bornerons à mettre à la disposition de nos Collègues, le rapport que nous avons rédigé à cette occasion. Notre Collègue, M. Ch. Janet, a fait un intéressant mémoire sur la construction des habitations à bon marché dans les villes de moyenne importance.

Nous ferons la même remarque au sujet de la question concernant les dispositions à adopter pour les habitations à bon marché situées dans les communes rurales.

Enfin, la dernière question traitée au Congrès était relative aux concours d'ordre et de propreté. Il est bien évident qu'il faut profiter de toutes les occasions pour chercher à améliorer l'état des petits logements ; malheureusement tous les ouvriers n'admettent pas le patronage et ne sont pas disposés à prendre part à des concours qui permettraient la visite de leurs habitations.

Avant de se séparer, les congressistes confièrent aux organisateurs du Congrès le soin de former une Commission permanente chargée de préparer les réunions futures, et ils se séparèrent en se donnant rendez-vous à Paris, à l'Exposition de 1900.

Avant l'Exposition de 1900, les personnes qui s'occupent de l'amélioration des logements auront l'occasion d'échanger leurs idées, car le IX[e] Congrès international d'hygiène aura lieu cette année à Madrid, du 10 au 17 avril, sous la présidence de M. le Ministre de l'Intérieur. Le Secrétaire Général du Congrès sera le sénateur A. Gimeno, membre de l'Académie de médecine. Les

communications relatives au Congrès, doivent être adressées au secrétaire général, au Ministère de l'Intérieur.

Diverses questions, inscrites au programme, intéressent les habitations à bon marché, et nous sommes heureux de dire que plusieurs de nos Collègues y seront délégués.

Nous annoncerons également à nos Collègues que, du 1er au 5 septembre prochain, il se tiendra à Dieppe le IIe Congrès international des pêches maritimes, et que nous y traiterons la question de l'amélioration des habitations des marins pêcheurs, qui donna lieu, lors du Congrès des pêches des Sables-d'Olonne, à l'émission d'un vœu invitant les comités départementaux des habitations à bon marché à prendre des mesures pour loger convenablement les pêcheurs.

Ce vœu, transmis à M. le Ministre du Commerce, fut communiqué au Comité des habitations à bon marché du département de la Seine-Inférieure et nous espérons bien qu'il sera suivi d'exécution.

LES

FORTIFICATIONS DE SYOU-OUEN

(CORÉE)

D'APRÈS LE

HOA SYENG SYENG YEK EUI KOUEI

PAR

M. H. CHEVALIER

Le titre de l'ouvrage coréen est *Cérémonial de l'achèvement des travaux de fortification de Hoa-syeng.* Cet ouvrage était en quatre volumes, dont les deux derniers sont perdus; les deux premiers, que nous possédons, traitent surtout de la partie des travaux; les deux derniers comprenaient probablement la description détaillée des palais et des temples, ainsi que les cérémonies et les fêtes relatives à l'achèvement des constructions.

Les sujets traités dans les deux premiers volumes que j'ai traduits peuvent être divisés ainsi :

1° Fortifications ;
2° Constructions diverses;
3° Détails d'architecture ;
4° Machines et outils ;
5° Fêtes.

I. — Fortifications.

La ville de Hoa-syeng (ville des fleurs) s'appelle aujourd'hui Syou-ouen (source des eaux), ces changements de noms sont fréquents en Corée ; elle est située à environ 25 *km* de la capitale et est traversée du sud au nord, sur 1500 pas, soit un peu plus de 2 *km*, par la rivière de la Tortue, défendue à ses deux extrémités par des ponts fortifiés. Les murs qui entourent la ville ont 4600 pas de 6 pieds et se divisent ainsi : courtines, 3964 pas 2 pieds; tours, bastions, etc., 635 pas ; la hauteur des murailles

est d'environ 20 pieds au-dessus du sol et celle des tours est en moyenne de 17 pieds au-dessus du chemin de ronde. Les murs ne sont pas protégés par des fossés; ils sont bâtis en pierre de taille avec un fruit très faible, couronnés de créneaux et de larges merlons percés de meurtrières carrées et soutenus à l'intérieur par un remblai en terre qui a 50 pieds de large à sa base.

Les ouvrages de défense sont au nombre de quarante et répartis tout le long des remparts; ils sont donc distants entre eux d'environ 100 pas et se divisent ainsi :

4 portes principales avec barbacanes et tours de flanquement;
5 portes dites cachées;
2 ponts fortifiés;
3 tours creuses;
2 pavillons pour les généraux;
1 tour pour les archers;
1 tour à feux (pour les signaux);
4 pavillons d'angle;
5 tours à canons;
8 bastions simples;
5 magasins.

Porte de la Capitale.

C'est la première des portes principales. Son ouverture est de 18 pieds 2 pouces de large et de 19 pieds de haut; elle est surmontée par un pavillon à deux étages qui peut contenir un grand nombre de soldats et est flanquée de deux bastions hauts de 22 pieds; en avant, elle est protégée par une barbacane demi-circulaire de 15 pieds d'épaisseur, munie d'une porte ferrée au-dessus de laquelle un grand réservoir d'eau est ménagé pour empêcher l'ennemi de pouvoir la brûler. Le parapet a 4 pieds de haut sur 2 1/2 d'épaisseur.

Porte des Huit-Routes.

Elle est à peu près semblable à la précédente, mais un peu plus petite.

Portes du Dragon azuré et de l'Ouest.

Ces deux portes diffèrent des précédentes en ce qu'elles n'ont pas de tours de flanquement et sont placées dans un décrochement de la muraille.

La barbacane forme une demi-circonférence incomplète pour laisser un étroit passage entre son extrémité et le rempart; les pavillons qui surmontent ces portes sont à un seul étage.

Portes cachées.

Dans les remparts, on a percé cinq petites portes plus ou moins bien dissimulées et qui n'ont plus ni tours de flanquement, ni barbacanes, ni pavillons; elles sont munies de réservoirs d'eau et fermées par une porte à deux vantaux garnis de lames de fer.

1° *Porte cachée du Sud.* — Simple ouverture percée dans la muraille, sans réservoir d'eau.

2° *Porte cachée de l'Est.* — Large de 6 pieds et haute de 7, elle est placée en retraite sur la façade des murailles, de façon à n'être vue que de face; elle est couronnée d'un large merlon en demi-cercle.

3° *Porte cachée du Nord.* — C'est la plus petite de toutes, elle n'a que 6 pieds de haut sur 4 de large; elle est, comme celle de l'Est, placée dans un renfoncement de la muraille et couronnée d'un large merlon arrondi.

4°. *Porte cachée de l'Ouest.* — Elle est placée dans un décrochement du mur, de telle sorte que sa façade est perpendiculaire à la ligne des remparts; un escalier tournant conduit au terre-plein.

5° *Porte cachée du Sud-Ouest.* — Elle sert à faire communiquer avec la ville l'ouvrage avancé, appelé pavillon d'angle du Sud-Ouest; elle est surmontée d'un petit bâtiment.

Ponts.

Ils sont appelés porte d'eau du Nord et porte d'eau du Sud; leur longueur est de 95 pieds 1/2. Le premier a sept arches en pierre fermées par des grilles qui se manœuvrent au moyen de chaînes traversant le tablier du pont. Du côté extérieur, le parapet forme muraille crénelée avec banquette à l'intérieur; au milieu du pont, il y a un pavillon avec panneaux mobiles; la largeur du pont est de 31 pieds.

Le pont du Sud a neuf arches et une largeur de 19 pieds seulement, mais la banquette occupe les deux tiers de sa largeur et renferme une longue galerie pouvant abriter cent hommes.

Deux petits ruisseaux traversent les murs de la ville sous des ponceaux formés de dalles reposant sur trois séries de piliers.

Pavillons des Généraux.

Situé au sommet de la colline des Huit-Routes, le poste du général de l'Ouest se compose d'un pavillon élégant à deux étages, d'un grand bâtiment clos et d'un belvédère de 20 pieds, en maçonnerie pleine, avec escalier droit extérieur, appelé tour des Archers. L'enceinte réservée au général de l'Est se trouve dans la partie basse de la ville; elle est entourée de petits bâtiments de service et son terre-plein s'élève en plates-formes successives jusqu'à une large banquette qui domine un saillant du rempart. Au milieu de la troisième plate-forme est bâti le pavillon proprement dit; il n'y a pas de tour.

Tour des archers du Nord-Ouest.

Cette tour carrée et massive fait saillie sur la courtine, c'est plutôt un belvédère; sa hauteur est de 31 pieds, un escalier droit conduit du terre-plein à la plate-forme; elle est surmontée de merlons alternativement droits et demi-circulaires.

Tour creuse du Nord-Ouest.

Cette tour carrée, toute en briques, s'élève à 18 pieds au-dessus du terre-plein, de telle façon que trois de ses côtés soient à l'aplomb des faces du bastion qui la supporte. La tour a trois étages garnis de meurtrières et est surmontée d'un pavillon à panneaux mobiles, l'entrée de la tour est sur le terre-plein et l'on passe d'un étage à l'autre au moyen d'une échelle de meunier.

Tour creuse du Sud.

Cette tour est tout à fait semblable à la précédente, mais ses murs ne sont pas les prolongements de ceux du bastion, ils sont en retraite, de façon à laisser un passage derrière les créneaux du rempart; elle est également couronnée d'un pavillon en bois mais sans panneaux.

Tour creuse du Nord-Est.

Placée dans un coude du rempart, cette tour est la plus curieuse de toutes par sa construction. Élevée de 17 pieds 1/2 au-dessus du terre-plein, elle a deux étages et une plate-forme couverte par un pavillon en bois. Sa forme est ronde, son diamètre est d'environ 40 pieds, le centre est un noyau plein de 23 pieds de diamètre, qui ne laisse avec les murs qu'un vide annulaire

de 4 pieds 1/2, l'épaisseur des murs est de 4 pieds. On passe d'un étage à l'autre au moyen d'une rampe terminée par quelques marches. La tour est percée de nombreuses meurtrières; au rez-de-chaussée, près de la porte, est le corps de garde.

Tour a feux.

C'est une massive construction en briques placée à cheval sur les remparts et contenant un grand nombre de salles formant trois étages. Sur la plate-forme sont disposées cinq tours à feux permettant de transmettre des signaux à distance.

Pavillons d'angles.

Celui du nord-est est un très joli pavillon formé de plusieurs corps de bâtiments et placé sur un rocher au-dessus du Gouffre du Dragon, sorte d'étang de six pieds de profondeur et de 210 pas de tour. Le pavillon du nord-ouest est un tout petit hangar construit sur le terre-plein, il comporte un rez-de-chaussée clos en briques et un premier étage fermé par des panneaux mobiles.

L'ouvrage avancé sur lequel est construit le pavillon de l'angle sud-ouest est carré et relié à l'enceinte par une chaussée fortifiée qui aboutit à la porte cachée du sud-ouest. Le pavillon n'a ni étage, ni clôture, et est placé au centre de l'esplanade.

Le pavillon de l'angle sud-est est semblable à celui du nord-ouest et sert, en aval, à la défense de la rivière de la Tortue.

Tours des Canons.

Accolées au mur d'enceinte et construites en briques, leur base est un rectangle de 24 pieds sur 29; leur hauteur étant d'environ 27 pieds, les murs, qui ont 6 pieds d'épaisseur, sont percés de meurtrières et d'embrasures. Du terre-plein du rempart descend jusqu'en bas un escalier droit desservant en passant l'étage intermédiaire, la tour est couverte en forme de pavillon, le fruit des murs est beaucoup plus considérable que dans les bastions.

Magasins (1).

Ces cinq pavillons se ressemblent à peu près. Un bastion rectangulaire de 20 pieds sur 25 et haut de 20 reçoit une petite construction avec étage, le rez-de-chaussée est clos par la muraille elle-même et l'étage est muni de panneaux mobiles qui protègent les soldats.

(1) Ou petits postes.

Bastions.

Comme on l'a déjà vu, leur base est rectangulaire, leur terre-plein règne avec le chemin de ronde et ils sont garnis de créneaux comme les murailles; sur leur face sont tracés ce que les Coréens appellent des « œils pendants », ce sont de longues ouvertures qui partent de la banquette du rempart et descendent presque jusqu'au pied du mur; elles servent à lancer des flèches ou des projectiles quelconques sur des assiégeants que l'on ne pourrait atteindre autrement qu'en se penchant en dehors des créneaux. Les œils pendants jouent donc, en Corée, à peu près le rôle des machicoulis de notre ancienne fortification.

II. — Constructions diverses.

Deux petites tours isolées, l'une à l'est dans la ville, l'autre dans le palais, portent les noms de magasins du centre et de l'intérieur.

Temple des Génies de la ville. — Un pavillon fermé, situé au milieu d'une cour entourée de murs, avec de petits bâtiments sur la façade, renferme les tablettes. Ce temple, bâti dans une vallée pittoresque, a été commencé au printemps de 1796 et est consacré à Tai-tchang-tsi-lai, le Maître des Génies de la ville.

Palais royal. — Le palais est représenté en perspective avec tous ses bâtiments et ses cours, le nom est inscrit à côté de chaque bâtiment, mais la description en est perdue.

Autel des Génies de la terre et des fruits. — Dans la montagne, un autel au milieu d'une cour carrée, chacun des quatre murs est percé d'une porte sans battants avec portique spécial aux édifices coréens dit « porte des flèches »; deux petits édicules sont en dehors de l'enceinte.

Temple de Confucius. — Il ressemble aux temples chinois, mais en avant de l'entrée il y a une porte des flèches.

Relais. — Deux planches représentent des constructions au bord d'un étang. Les descriptions de toutes ces constructions sont perdues.

III. — Détails d'architecture.

Les premières planches représentent tout ce qui constitue la construction des murailles, les meurtrières, les créneaux et les merlons de toute sorte. La construction est assez bien faite, quoique les liaisons soient souvent insuffisantes. M. Courant, ancien secrétaire de la Légation de France à Séoul, qui a visité la ville de Syououen, pense que les remparts ont été plutôt construits dans le but d'embellir la ville que dans celui de la fortifier; le roi Tjengtjong voulait en faire sa résidence favorite. Ceci explique pourquoi l'on n'a peut-être pas attaché assez d'importance à la solidité des murs.

Les planches suivantes représentent des gargouilles et passages d'eau depuis les plus simples jusqu'aux belles têtes de dragon sculptées, des chimères, des détails d'escaliers, des voussoirs, des tympans, etc.

La partie purement ornementale n'a pas été négligée, des grotesques en terre cuite sont placés sur les arêtiers, des têtes de dragon ou d'oiseaux décorent les faîtages. Il y a des balustrades élégantes, des campaniles, des fenêtres ajourées. Enfin les panneaux mobiles destinés à clore les pavillons placés sur les remparts sont décorés soit de têtes d'animaux féroces soit du Tai-ki, le symbole de la philosophie chinoise. Les encorbellements, les chapiteaux et les bases de colonne sont d'un très joli dessin; puis voici des détails tels que cadenas, chaînes, pivots et crapaudines, etc. Une planche montre une conduite d'eau importante formée de cadres en bois simplement juxtaposés : l'Ingénieur coréen a compté évidemment sur les dépôts pour boucher ses joints.

Fabrication des briques. — Le four est en forme de cloche, on le construit en briques recouvertes de terre, en avant une ouverture pour faire le feu, en haut en arrière, une autre pour entrer les briques à cuire et en bas trois ouvertures qui traversent verticalement la masse de terre et servent de cheminées à la fin de l'opération. enfin au sommet un trou de fumée. Les briques sont empilées au fond du four, tandis que le feu se fait en avant.

Quand les briques sont cuites on ferme le trou de fumée par une masse filtrante sur laquelle on verse de l'eau pendant plusieurs jours tout en continuant le feu ensuite on arrête l'eau et le feu et on laisse refroidir lentement. Les briques cuites ainsi

acquièrent une résistance extraordinaire. M. Edouard Blanc, qui a vu dans le Turkestan des équipes d'ouvriers chinois employant ce procédé, en a rapporté plusieurs échantillons de briques qui ont été essayées et analysées par M. Debray. Avec des argiles de qualité médiocre on obtient des briques qui ont donné 600 *kg* de résistance à l'écrasement par centimètre carré (1) et qui après 25 gels et dégels successifs avec des écarts de température de 60° ont encore résisté à 360 *kg* par centimètre carré et la croûte qui est la partie la plus dure avait été enlevée (2). Sous l'influence de la vapeur d'eau surchauffée et peut-être d'une certaine pression, ces briques sont devenues des espèces de trachytes artificiels. Les fours coréens peuvent cuire de 1 600 à 3 000 briques suivant leurs dimensions.

IV. — **Machines et Outils.**

La machine la plus importante est une chèvre pour le levage des lourdes charges (jusqu'à 6 000 *kg*), ce sont en réalité deux chèvres accolées par la tête, puisqu'il y a deux treuils et deux séries distinctes de poulies de renvoi. Les leviers sont fixes et traversent entièrement l'arbre du treuil, leurs extrémités d'un même côté étant réunies par des cordes : c'est une disposition très usitée en Corée ; elle ne permet pas d'avoir des leviers aussi longs qu'en Europe et la force de l'homme est moins bien utilisée.

L'appareil suivant est une grue de force moyenne, de 12 mètres environ de volée : tous les détails de construction de cette machine sont donnés par les planches comme pour la précédente.

Les transports ont été faits sur des chariots de différentes sortes : des brouettes, des diables, des poulains sur rouleaux et des traîneaux, tous d'une construction assez particulière. Enfin, les outils représentés sont des pilons pour damer le sol, des hottes, des paniers, des tonneaux et des seaux cerclés en corde, des brancards, des pelles, des pioches, etc.

V. — **Fêtes.**

Le deuxième volume se termine par les planches suivantes :

1° Illuminations de la ville et feux d'artifice.

2° Grand banquet du bœuf (3).

3° Fête de clôture (mascarade).

(1) Les meilleures briques ordinaires ne donnent que 150 *kg*.

(2) Association pour l'avancement des sciences, congrès de Pau 1892 et de Besançon 1893.

(3) En Corée, on ne peut tuer et manger un bœuf qu'avec une permission royale.

Aucune explication n'accompagne ces trois planches qui font peut-être le sujet des deux volumes qui sont perdus. Souhaitons qu'un jour M. Collin de Plancy, ministre de France à Séoul, puisse les retrouver et les offrir comme les deux premiers à la bibliothèque de l'Ecole des Langues Orientales vivantes.

Mesures.

Les mesures coréennes sont le pas qui renferme 6 pieds des Tchéou ou 3 pieds 8 pouces des architectes : ces 2 sortes de pieds sont employés dans cet ouvrage. Le pied contient 10 pouces et le pouce 10 divisions. Mentionnons aussi la brasse qui contient 5 pieds et le créneau qui fait 4 brasses.

REMARQUES

SUR LE

PROBLÈME DE LA NAVIGATION AÉRIENNE

PAR

M. A. DUROY DE BRUIGNAC

Diverses communications sur l'aéronautique ont été faites, à la Société des Ingénieurs Civils de France, notamment en 1893 et 1897; aussi, je ne me propose pas de reprendre l'exposé général de la question, mais seulement quelques points, au sujet desquels des explications paraissent utiles.

De la meilleure forme d'un aérostat dirigeable.

A ce sujet, la doctrine qui prévaut peut se résumer par la citation suivante : « La meilleure forme d'un aérostat dirigeable a été définitivement fixée par des expériences magistrales, et cette forme est celle du cigare marchant le gros bout en avant, comme le premier ballon de Chalais ».

A mon avis, cette opinion est erronée, et je voudrais la discuter parce que, selon moi, elle a entravé gravement, depuis quinze ans, les progrès de l'aéronautique.

Pour ne pas obscurcir la question en la généralisant sans utilité, j'aurai surtout en vue les aérostats en forme de fuseau, ayant une vitesse relativement à l'air; soit le fuseau géométrique proprement dit, comme les ballons de Giffard (1852, 1855), de Dupuy de Lôme et de Tissandier; soit le fuseau mixte ou « cigare », comme le ballon Renard et Krebs (1). Cependant, plusieurs des remarques faites plus loin sont générales. A l'occasion, je nommerai *tête* le gros bout du ballon-cigare, et *queue* l'extrémité la plus fine.

(1) Ce ballon peut être regardé comme formé de deux demi-fuseaux juxtaposés, ayant le même petit axe et les demi-grands axes de longueurs différentes, situés sur la même droite.

Je considérerai l'aérostat seulement, sans nacelle ni accessoires autres que le gouvernail et l'hélice; et je supposerai que celle-ci est placée sur l'axe de l'aérostat, en tête. C'est plus commode pour la démonstration; et on comprendra facilement les modifications qui résultent des conditions habituelles.

La fuseau-cigare marchant le gros bout en avant paraît avoir été choisi pour deux motifs : d'abord comme réalisant la moindre résistance à la translation, et ensuite comme ayant plus de stabilité. J'examinerai ces propriétés successivement, en commençant par la stabilité.

La stabilité, ou faculté de prendre et de conserver une direction, résulte de deux choses : du point d'application de la résultante des forces entraînant le ballon, et de la forme extérieure du ballon provoquant la résistance du milieu.

A ce point de vue, les aérostats peuvent se partager en deux catégories : les ballons propulsés et dirigés, et les ballons mus par une vitesse acquise, ou projectiles.

Les aérostats purement projectiles sont surtout théoriques; cependant tout aérostat propulsé est projectile *en partie*, par suite de sa puissance vive.

Dans un projectile, la résultante des vitesses passe par le centre de gravité. Tout se passe comme si le projectile était *traîné* par son centre de gravité, dans la direction et avec la rapidité de la vitesse qu'il possède. La résistance du milieu tend à *ranger* le projectile relativement à la trajectoire de son centre de gravité, jusqu'à ce que les résistances de translation soient égalisées autour de cette trajectoire. C'est en cela que consiste pour lui la faculté de direction. C'est toujours le *centre de traction* qui tend à prendre les devants, mais l'orientation du mobile autour de la trajectoire varie avec la position du centre de traction et la forme extérieure.

Presque tous les ballons ont une faculté propre de direction; même les ballons symétriques ayant leur centre de gravité à leur centre de figure; je ne vois que la sphère homogène qui n'en ait aucune.

Le fuseau dissymétrique a une faculté directrice qui paraît généralement favorable, c'est-à-dire qui maintient la tête en avant; toutefois, il conviendrait de s'en assurer pour tous les angles du grand axe avec la trajectoire. Le fuseau symétrique a aussi une faculté directrice, mais elle est défavorable, car elle tend à placer le grand axe à 90° de la trajectoire. On le verra plus loin

par un exemple. On peut aisément constater ces facultés de direction par une épure, en tenant compte de la loi des résistances en fonction des incidences.

Toutes choses égales d'ailleurs, la puissance de direction est d'autant plus grande que le *point de traction* est plus près d'une extrémité. Un aérostat-cigare projectile se dirigera d'autant mieux qu'il sera plus dissymétrique. Un aérostat propulsé ayant l'hélice en tête se dirigera mieux que tout aérostat projectile de même forme, parce que le centre de gravité ne peut jamais atteindre l'extrémité.

L'intensité de la faculté directrice dépend de la puissance vive. Deux aérostats de même poids ont la même puissance vive. Par conséquent, pour comparer leurs puissances intrinsèques de direction, on peut faire abstraction de la puissance vive et considérer seulement la forme des aérostats et la position de leurs centres de gravité.

En fait, il n'y a que des aérostats propulsés; et la question est de savoir quel rôle conserve, pendant la propulsion, la faculté intrinsèque de direction qui subsiste toujours, et dont le point d'application est au centre de gravité. Si la direction intrinsèque, ou de vitesse acquise, appliquée au centre de gravité, coïncide avec la propulsion appliquée à l'extrémité, elle l'aide, sans avoir toutefois une grande importance, puisque l'aérostat ne tarde pas à s'arrêter, en air calme, dès que la propulsion cesse; si elle ne coïncide pas avec la propulsion, elle la gêne et est alors purement nuisible.

Tout mouvement de l'aérostat dépend de trois causes : 1° la propulsion suivant l'axe et la puissance vive de l'aérostat dans le même sens; 2° le gouvernail qui dirige cette propulsion; 3° les résistances extérieures et la puissance vive de l'aérostat dans la direction que ces résistances lui impriment (1).

1° Dans le sens de la traction suivant l'axe, la faculté directrice n'agit pas comme telle, puisque le centre de gravité est toujours sur le grand axe; la puissance vive seconde la propulsion.

2° L'action du gouvernail se compose avec la traction et les vitesses qui sont parallèles à celle-ci; ces vitesses secondent encore la traction sans exercer de direction spéciale.

3° Les résistances extérieures se rattachent à deux cas princi-

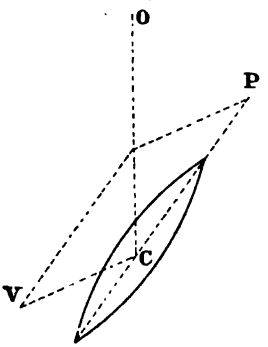
(1) Cette décomposition est légitime, puisque l'on peut toujours remplacer l'effet de la résultante par ceux des composantes.

paux : l'aérostat veut changer de route en air calme, ou bien doit lutter contre un vent oblique (1).

L'évolution en air calme est assez aisée pour qu'il n'y ait pas à s'y arrêter; d'ailleurs, les effets qui s'y rencontrent sont analogues à ceux dont je vais parler.

Dans la lutte contre un vent oblique, la manœuvre consiste à prendre sur le vent une obliquité telle que la résultante soit dans la direction que l'on veut suivre. Ainsi, pour atteindre le point *o* (*fig. 1*) avec un ballon dont la propulsion cause la vitesse *cp*, malgré un vent contraire de direction et de vitesse *cv*, il faut diriger *cp* de manière que la résultante de *cp* et *cv* coïncide avec *co*. Lorsque cette obliquité convenable est atteinte, le mieux est qu'elle tende à se maintenir, ou que l'aérostat s'y oppose le moins possible. Ce résultat serait exactement obtenu si le maître-couple opposé au vent était symétrique et tous les angles d'incidence du vent égaux; mais cela est impossible pour un aérostat. Pour approcher du but il faut, comme il est aisé de le reconnaître, que la tête de l'aérostat soit plus effilée que la queue; or, cette condition est le plus loin d'être réalisée dans le cigare marchant le gros bout en avant, d'autant moins que la dissymétrie est plus grande; elle est moins éloignée dans le fuseau symétrique, et plus rapprochée encore dans le cigare marchant le petit bout en avant (2). Par conséquent, relativement au choix entre les deux premières formes en vue de la stabilité, le fuseau symétrique est préférable.

Fig. 1



Ainsi, la faculté intrinsèque de direction, bonne en elle-même pour un projectile, devient non seulement inutile mais généralement nuisible pour les aérostats dirigés, comme le sont tous ceux dont il est question.

Ce qu'il est essentiel de constater, c'est que la faculté de direction des mobiles n'a aucun rapport avec la résistance totale à

(1) Si le vent est parallèle au grand axe, les résistances sont augmentées ou diminuées, mais la direction n'est pas affectée.

(2) Je ne vais pas jusqu'à recommander cette disposition avant une étude plus complète; mais il est bon d'en signaler les qualités.

Pour comparer les formes le mieux possible, il convient d'admettre que la moitié du fuseau est pareille à la queue du cigare.

l'avancement. C'est la *traction* exercée au centre de gravité qui l'entraine en avant, quelle que soit la résistance de la proue qu'il détermine; et la résistance du milieu n'intervient que pour *ranger* le mobile afin d'égaliser les résistances autour de la trajectoire du centre de gravité... Une pierre attachée au bout d'une ficelle, et lancée, passe la première, bien qu'elle rencontre plus de résistance que la ficelle. Un flotteur, très aigu par un bout et très obtus par l'autre, portera toujours en avant le bout par lequel on le traîne. Le mobile *se range*, comme on le constate, autour de la trajectoire, par suite de la valeur *relative* des résistances latérales, aucunement par suite de leur valeur *absolue* : la « moindre résistance » n'a rien à y voir. Par conséquent, ceux qui, à la suite d'expériences de direction dont je parlerai, ont pensé que le gros bout en avant offrait le moins de résistance ont fait une confusion capitale.

En tout cas, tant que l'on croyait que la faculté de direction était utile, il fallait comparer les résistances des formes plus ou moins bonnes directrices, pour juger où se trouverait finalement l'avantage. A cette remarque essentielle, on semble n'avoir pas même pensé; du moins, on n'a pas agi d'après elle ni fait d'essai qui y soit relatif.

Il n'existe pas pour l'air, à ma connaissance, d'expériences suffisantes constatant les résistances en fonction de la forme. A leur défaut, il paraît juste de s'en rapporter aux expériences faites sur les carènes de bateaux; et je montrerai que cette assimilation approche de la vérité. Pour les carènes, il est prouvé surabondamment que de très légères différences de finesse ont un effet considérable; ainsi, des formes assez peu différentes font passer la vitesse de 18 nœuds à 20, c'est-à-dire diminuent la résistance de 27 0/0. J'ai constaté, en appliquant le calcul à des essais sûrs, que la résistance des carènes est proportionnelle au *sinus cube* de l'angle d'incidence de l'eau (1), c'est-à-dire que la finesse de forme a une influence énorme sur la résistance. On va voir qu'il en est à peu près de même pour l'air.

J'ai établi par un calcul (*Bulletin*, oct. 84) que, si la résistance de l'air était de même forme que celle de l'eau, le dirigeable de

(1) Pour une surface plane S, la formule du travail de translation dans l'eau est exactement, sans correction :

$$\mathfrak{T} = S \times \varpi \times \frac{v^2}{2g} \times \sin^3 i \times v = S \times \frac{\varpi}{2g} \times \sin^3 i \times v^3,$$

le travail arrière étant calculé à part. (*Travail des hélices et des carènes*, H. Bécus et Cie).

Chalais, marchant le petit bout en avant au lieu du gros, éprouverait une résistance à l'avancement six fois moindre, et que la vitesse passerait, par conséquent, de 5,50 *m* à 10 *m*, vitesse pratiquement utile. J'admets que l'assimilation de l'air à l'eau ne doit pas être complète dans ce cas; mais voici un fait montrant que la différence n'est pas considérable. Dans l'étude de 1884, dont je viens de parler, je calculais la résistance du ballon *La France* à 150 *kgm* pour 5,50 *m* de vitesse relative. MM. Renard et Krebs avaient constaté 125 *kgm* aux bornes du moteur. Or, on peut regarder ces résultats comme concordants, à cause de l'incertitude qui subsistait sur l'évaluation de la vitesse. Par conséquent, cette concordance entre mon calcul et la constatation de MM. Renaad et Krebs, confirme approximativement l'application à l'air de la formule vérifiée pour l'eau, et la conséquence qui en découle de la grande influence de la forme.

En résumé, l'aérostat cigare marchant le gros bout en avant paraît condamné, tant pour la résistance que pour la direction.

Si l'on se refuse à admettre une analogie, quant aux coefficients de résistance, entre l'eau et l'air, pourquoi ne pas essayer? Ce serait facile. A plusieurs reprises, j'ai prié l'autorité compétente de faire faire l'essai suivant : faire marcher le ballon de Chalais le petit bout en avant. C'était facile et peu coûteux. On ne l'a jamais fait (1).

Aux considérations qui viennent d'être exposées se rapporte une expérience mémorable faite il y a une quinzaine d'années, et que je dois citer, parce qu'elle paraît avoir décidé le choix de l'aérostat en cigare marchant le gros bout en avant.

L'expérimentateur se proposait précisément de s'éclairer sur cette question. Il prit deux petits solides en ébonite, l'un fuseau exact, l'autre fuseau dissymétrique ou cigare. Il laissait tomber doucement l'un et l'autre, dans toutes les positions, à la surface d'un vase plein d'eau... Toujours le cigare arrivait à se placer le gros bout en bas et continuait à enfoncer ainsi. Toujours le fuseau arrivait à placer son grand axe horizontalement, et continuait à enfoncer ainsi. Là, c'était la pesanteur qui jouait le rôle d'impulsion initiale ou de traction. Il est probable, sans que je l'aie vu relaté, que, une fois les positions définitives atteintes, le cigare tombait plus vite. L'expérimentateur concluait que la

(1) Je ne veux pas dire que la forme du cigare marchant le petit bout en avant soit la meilleure; j'incline à penser que le fuseau symétrique est préférable. Je dis seulement que l'essai dont il s'agit aurait été probant quant à la résistance de l'air.

meilleure direction et la moindre résistance appartenaient au cigare marchant le gros bout en avant.

C'était une erreur; il ne s'agissait pas de direction ni de résistance totale, mais de traction par un point fixe avec résistances latérales. Avec le cigare, le centre de gravité, où la traction de la pesanteur s'exerçait, arrivait à se mettre en bas, puis le grand axe devenait vertical, parce que c'était la seule position pour laquelle toutes les résistances de l'eau fussent égales autour de la trajectoire. Pour le fuseau, le centre de gravité était au centre de volume; mais, pour toute autre situation que celle du grand axe horizontal, une moitié du fuseau, celle la plus basse, offrait plus de résistance à la descente que la moitié supérieure. Il est facile de s'en rendre compte par un croquis. C'est pourquoi le grand axe tendait vers l'horizontale.

Quant aux vitesses de descente, on comprend que le cigare vertical résistait moins que le fuseau horizontal; mais il en aurait été autrement si le grand axe du fuseau avait été maintenu vertical.

Il serait facile de contrôler l'expérience dont je parle et de la rendre féconde. Si l'on évidait les solides d'ébonite, et que l'on disposât un grand axe fileté sur lequel pourrait se déplacer une petite sphère en métal, on pourrait ainsi transporter le centre de gravité en divers points du grand axe, et on en verrait l'influence En fait, on ferait ainsi tomber la première la pointe que l'on voudrait, ce qui prouverait que ce n'est pas affaire de résistance seulement. On pourrait aussi observer les vitesses de descente.

Je dirai un mot d'une question déjà discutée, mais qui préoccupe assez de bons esprits pour qu'il soit utile de la mentionner; je veux parler de l'exemple des animaux. On a remarqué que la plupart des poissons, les meilleurs marcheurs, rappelaient la forme du cigare et avançaient le gros bout en avant. On en concluait que c'était évidemment la position de moindre résistance; et que cette indication de la nature, admirable dans son œuvre, devait être suivie. Voici la réponse. Quel qu'ait été le but de la nature, il est évident qu'elle présente, dans chaque catégorie d'animaux, des dispositions très bonnes et très mauvaises pour le même objet. Ainsi, on voit de très bons et de très mauvais nageurs, comme l'esturgeon et le poisson chinois; de très bons et de très mauvais volateurs, comme l'hirondelle et la pie; de très bons et de très mauvais coureurs, comme le lièvre et la tortue... Par conséquent, les exemples de la nature ne doivent pas

être suivis aveuglement ; il faut reconnaître que leur destination ne garantit aucunement leur aptitude, et qu'il convient d'étudier leur valeur avant de les imiter.

Il faut remarquer d'ailleurs que, dans le grand vol, la forme de l'oiseau est très affinée sur la trajectoire, plus à l'avant qu'à l'arrière. Les poissons, aussi, sont bien plus effilés en proue que leur profil ne l'indique. Et puis, la propulsion en godille flexible ayant été choisie par la nature pour les poissons et les oiseaux ; et la godille latérale ayant été réservée presque exclusivement aux oiseaux, il reste que la godille des poissons devait être à l'arrière, car on ne conçoit pas une godille alternative placée à l'avant. Par suite, la queue devait être flexible et mince ; et il n'est aucunement nécessaire de croire que la plus grande masse portée a l'avant ait un but de direction.

Ainsi, sans rechercher les motifs des dispositions de la nature, on voit que ses formes n'ont pas ordinairement pour but la faculté automatique de direction, et moins encore la moindre résistance.

On s'est parfois appuyé, pour la forme des dirigeables, sur l'exemple des grands expérimentateurs. Mais, sur ce point, leur exemple n'a pas d'autorité, car aucun d'eux, — ni Giffard, ni Dupuy de Lôme, ni MM. Tessandier, — ne paraît avoir essayé de calcul de résistance tant soit peu précis. C'est par une simple intuition d'évidence qu'ils ont préféré le fuseau à la sphère comme moins résistant, mais sans rechercher la valeur de cette amélioration, ni paraître soupçonner (sauf Giffard) l'importance des petites différences. Dupuy de Lôme dit simplement qu'avec un fuseau plus allongé il aurait obtenu plus de vitesse et moins de résistance. Son calcul de la résistance propre du ballon mérite d'être retenu. Il évalue la résistance du *plan mince*, c'est-à-dire de la section normale à la marche, puis il ajoute, avec la loyauté qui caractérise son étude : « Le ballon... ne présentant... qu'une » surface parfaitement lisse... la résistance à sa marche dans » l'air ne saurait être estimée à plus de la *trentième* partie de la » résistance du plan mince (p. 29) ». On conviendra qu'un coefficient de correction de *trente*, appliqué par simple intuition, ne constitue pas un calcul exact.

N'attachant que peu d'importance aux angles d'incidence de l'air sur le ballon, comme on vient de le voir, il est naturel qu'aucun expérimentateur ne se soit efforcé de faire coïncider l'axe de propulsion avec l'axe du ballon ; tous se sont contentés de placer

l'hélice dans la nacelle, plus ou moins voisine du ballon. Or, je prétends que cette disposition cause, avec la résistance du ballon, un couple de redressement considérable, qui rend le fuseau oblique sur sa trajectoire et augmente beaucoup la résistance de translation. J'ai indiqué, il y a 13 ans (oct. 1884), un moyen d'y remédier, auquel il n'a pas été fait d'objection notable : c'était l'emploi de deux aérostats conjugués dans le même plan horizontal, l'axe de l'hélice étant dans le plan des grands axes et entre eux. Le moteur, placé dans la nacelle, rejoignait l'hélice par des transmissions faciles à concevoir. Cette disposition est simple et plus facile à réaliser qu'on ne l'a pensé. Mais il y en aurait d'autres. Sans parler de l'axe de l'hélice traversant le ballon de pointe en pointe, ce qui crée des difficultés, on pourrait placer l'hélice dans l'axe de l'aérostat, sans que l'axe moteur pénétrât dans ce dernier : un axe d'hélice très court ferait partie d'un cadre contournant le ballon, et dont la section serait telle qu'elle causât très peu de résistance à l'avancement. A ce cadre pourraient être reliées la housse, les sangles et même une surface protectrice dont je parlerai tout à l'heure. Je crois que de semblables modifications auraient une importance capitale, peut-être énorme. Mais, tant qu'on ne reconnaît pas la véritable loi de la résistance, on n'en voit pas non plus les exigences.

Il est juste de dire que l'établissement dans un même plan des axes de résistance principale et de propulsion ne résoudrait pas toute la difficulté, car il resterait la résistance des organes de suspension et de la nacelle ; mais il semble qu'une bonne étude pourrait rendre cette résistance très faible relativement à celle du ballon, et faire que celui-ci restât toujours horizontal... D'ailleurs, il ne faut pas exagérer la résistance des accessoires, qui sont loin d'être ce qu'ils étaient au temps de Dupuy de Lôme. Le filet a été remplacé par une housse, les cordages de support par des sangles (Tissandier), ce qui constitue une très grande amélioration ; la nacelle n'est plus un panier, elle est fine, lisse et tranchante. On pourrait encore envelopper les sangles de gaines lisses et *tranchantes dans le sens du vent ;* ou même protéger les agrès, ensemble ou par groupes, par des dièdres lisses et tranchants... Les coefficients de résistance à appliquer à la section droite pourraient ainsi être réduits de 1 à 1/50e. Je suis toujours convaincu qu'une étude bien faite conduirait à une vitesse suffisante... Mais ceux qui peuvent agir paraissent avoir abandonné la lutte.

Au début de cette étude, j'ai supposé que l'hélice et le gouvernail étaient en tête de l'aérostat. Il convient d'ajouter ce qui suit : l'hélice en tête et le gouvernail en queue paraissent meilleurs que les deux en tête ; le gouvernail en tête et l'hélice en queue présentent le grand avantage de soustraire l'aérostat au courant arrière de l'hélice ; l'hélice et le gouvernail en queue paraissent devoir rendre beaucoup plus difficile l'évolution contre un vent latéral. C'est à vérifier. Il serait facile de disposer l'appareil, à titre d'essai, pour que ces interversions fussent aisées.

Je ne dis rien des moteurs. Non seulement parce que de plus compétents que moi les ont étudiés, mais parce que je crois que la classe d'améliorations que j'indique suffit, avec les moteurs actuels, pour atteindre une vitesse utile.

Je crois que nous sommes encore très loin des grands appareils plus lourds que l'air, à cause des difficultés du départ et de l'atterrissage aux vitesses nécessaires. On paraît trop oublier que le rapport du cube à la surface et, par conséquent, du poids à la surface pour la même densité, croît comme la dimension, ce qui constitue des difficultés spéciales aux grands appareils. C'est pour cela, peut-être, que la nature n'a pas fait de très grands oiseaux, tandis qu'elle a fait de très grands quadrupèdes et des poissons énormes. Mais, je crois aussi que de petits appareils, tels qu'un vélocipède aérien, seraient déjà possibles, s'ils étaient étudiés avec une science mécanique suffisante. Pour éviter un poids excessif, il faudrait recourir aux plans superposés, signalés vainement par Breary, il y a trente ans. En outre, il faudrait placer le centre de gravité assez bas pour suppléer à la faiblesse et à la lenteur de nos muscles... Otto Lilienthall est mort pour n'avoir pas reconnu la nécessité de cette condition.

Un mot sur le grand vol ramé.

Je conserve l'expression de vol ramé parce qu'elle est habituelle, bien qu'elle me semble résulter d'une erreur d'observation, comme on le verra. J'aimerais mieux dire *vol battant*.

A mon avis, le vol n'intéresse l'aéronautique que secondairement, parce que nous sommes trop loin de la dextérité des oiseaux pour devoir essayer de les imiter. Toutefois, c'est une question qui préoccupe toujours et qu'il est utile de chercher à éclaircir.

Tout en rendant aux observations photographiques du vol l'hommage d'admiration que personne ne saurait leur refuser, je partage le regret exprimé que ces observations ne s'appliquent qu'à l'essor.

D'autant plus qu'il est aisé de commettre ici des erreurs considérables.

Par exemple, si l'on dispose sur une droite horizontale, dans leur situation vraie relativement à la verticale, les images successives d'un vol d'essor, c'est-à-dire dont la trajectoire était plus ou moins oblique, on fait une représentation fausse pour deux raisons : que les positions de l'oiseau étaient autrement dirigées relativement à la trajectoire, et que le battement varie suivant l'angle de la trajectoire avec l'horizontale.

Encore, supposé-je ici que les photographies sont orthogonales, c'est-à-dire ont été prises *au niveau* de l'oiseau et normalement à son axe. Si elles ont été prises obliquement et de bas en haut, comme c'est ordinairement le cas, l'image est une *projection oblique* qui déforme singulièrement le mouvement vrai. Supposons, par exemple, qu'un oiseau soit photographié à l'obliquité de 45°, de bas en haut et d'arrière en avant : au moment où la pointe de l'aile du côté de l'observateur sera au niveau de l'axe et un peu en arrière de l'épaule, la photographie la représentera comme très au-dessus et en avant de la tête.

Ce sont des difficultés de ce genre qui ont causé les erreurs qui semblent avoir été commises.

A mon avis, aucun procédé scientifique d'observation, quelque merveilleux qu'il soit, ne peut dispenser de l'observation directe par l'œil. Car l'œil, tout en voyant et surtout en retenant moins bien, synthétise les mouvements comme un instrument ne peut faire. L'œil est un instrument intelligent et, par suite, un collaborateur indispensable.

Il y a vingt-trois ans, j'ai observé le vol et suis arrivé à des conclusions générales que je crois toujours justes. Je les ai communiquées à notre Société à cette époque (mars 75). Il faut longtemps pour bien discerner les mouvements du vol ; d'abord, on ne distingue presque rien ; puis, les mouvements se comparent et se classent progressivement, et on finit par voir très clairement.

En général, les ailes battent normalement à l'axe de l'oiseau et propulsent suivant cet axe ; une aile isolée a une propulsion oblique sur l'axe. Il paraît en être ainsi dans toutes les sortes de vol. Cela a lieu nonobstant les petits pivotements dans l'épaule

et le poignet, qui paraissent exister dans le grand vol horizontal, mais sont employés surtout pour changer de direction. En somme, le vol est une godille par battement simple avec flexion de l'organe propulseur, jointe à une action aviatrice (1) variable, que j'analyserai plus loin.

L'aile déployée naturellement a son plan d'ensemble un peu oblique à l'axe de l'oiseau dans le sens de l'aviation, et elle conserve cette situation pendant le battement si l'oiseau ne la commande pas autrement. Le corps a aussi un certain angle aviateur moyen relativement à l'axe de bec en queue.

Je vais décrire le grand vol comme le plus complet, auquel les autres se rattachent aisément. Ce vol est celui où la trajectoire et l'axe de l'oiseau sont sensiblement horizontaux.

Dans le grand vol, l'aile bat parallèlement à un plan sensiblement vertical, c'est-à-dire normalement à la trajectoire et à l'axe de l'oiseau. C'est le mouvement d'ensemble. D'ailleurs, l'aile ploie ou se gondole diversement par suite de la résistance de l'air et du jeu des muscles, comme je le dirai.

L'oiseau n'oscille que très peu verticalement; souvent même il paraît ne pas osciller du tout. Il ne le ferait pas, en effet, si le mouvement que je vais décrire se faisait toujours exactement.

Dans l'aile, le bras est court et ses plumes peu importantes; elles paraissent être surtout une fourrure. Les plumes de l'avant-bras, ou aile proprement dite, sont longues, courbes avec leur concavité en dessous, résistant peu à l'abaissement, mais pouvant résister fortement au relèvement à l'aide d'attaches convenables. Elles sont comme implantées dans une charnière molle, mais bridées en dessous par des liens puissants. Les plumes de la main, ou aileron, sensiblement plates, sont fixées rigidement aux rudiments des doigts; elles ne peuvent que ployer ou suivre ensemble les variations de plan commandées par le poignet. Elles peuvent néanmoins, comme les plumes de l'aile, se déployer plus ou moins en éventail, suivant que la membrure s'étend plus ou moins. Les plumes sont beaucoup plus largement barbelées d'un côté que de l'autre. Cette construction, jointe à la disposition imbriquée des plumes et à leur insertion oblique dans les rudiments des doigts, forme à l'aileron une sorte de frange plus flexible, qui cause surtout la propulsion, en dehors des grands efforts où les plumes plient dans leur ensemble.

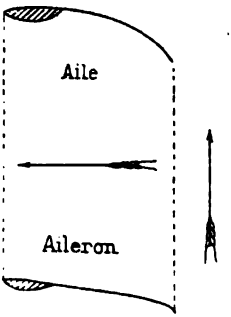
(1) C'est la sustentation causée par la résistance de l'air à la translation d'une surface oblique à son mouvement.

Je vais examiner successivement la propulsion et la sustentation résultant du battement.

La propulsion de l'oiseau a lieu de la manière suivante :

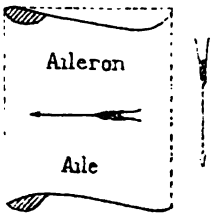
A la montée *(fig. 2)* : 1° un peu, par le dessus des plumes de l'aile assez inclinées et assez courbées pour avoir une composante notable de propulsion horizontale ; 2° davantage, par les plumes de l'aileron assez obliques, et surtout par la frange de ces plumes, recourbée vers le bas par sa pression contre l'air (1). Ces mouvements sont en partie protegés contre le courant d'air horizontal par la membrure antérieure de l'aile ; cependant il est probable que la propulsion est faible à la montée, comme la remarque en a été faite (*Bulletin*, août 1897, p. 135).

Fig.2



A la descente *(fig. 3)* : 1° beaucoup, par la courbure bien plus prononcée des plumes de l'aileron et surtout de leur frange, plumes dont le plan est beaucoup moins oblique qu'à la montée. Toutefois, le plan des plumes de l'aileron reste assez oblique pour que sa projection verticale couvre celle de la frange et l'empêche de résister à l'avancement ; 2° un peu, peut-être, par la frange des plumes de l'aile, beaucoup moins obliques et moins courbes qu'à la montée.

Fig.3



La sustentation paraît sensiblement la même à la montée et à la descente de l'aile, et son économie générale est celle-ci :

L'obliquité de l'aile et de l'aileron, variables et différentes l'une de l'autre, sont maintenues telles que leur action aviatrice, tantôt secondée tantôt combattue par le battement vertical, maintienne une sustentation constante (2). C'est pourquoi l'oiseau n'oscille pas.

Ainsi, à la descente, les plumes de l'aile se relèvent beaucoup,

(1) Ces croquis sont des coupes verticales schématiques de l'aile normalement à la membrure.

(2) A la montée de l'aile, la résultante des vitesses, horizontale et verticale, passe sous l'aile ; mais cela n'empêche pas qu'il y ait pression de l'air sur l'aile, parce que c'est le dessus de l'aile qui presse l'air en remontant verticalement. La singularité de ce cas tient à ce que l'une des composantes de la vitesse relative de l'air frappe l'aile en dessous et l'autre en dessus.

celles de l'aileron rapprochent leur plan de l'horizontal, en sorte que la sustentation résulte surtout du battement et peu de l'action aviatrice.

A la montée, au contraire, les plumes de l'aile, bridées par leurs attaches, s'abaissent beaucoup, le plan de l'aileron oblique fortement, en sorte que l'action aviatrice est considérable et suffit, non seulement à soutenir le poids de l'oiseau, mais à empêcher sa descente que la montée de l'aile tendrait à causer.

Telle est la physionomie du vol que l'observation visuelle me paraît présenter. Pour s'en rendre exactement compte, il faudrait faire intervenir les vitesses, horizontale et verticale, de l'air et de l'aile, et les coefficients de pression résultant des angles d'incidence... J'ai dit que ces coefficients étaient probablement voisins du sinus-cube.

Ces mouvements, bien visibles tant que l'oiseau s'efforce d'acquérir de la vitesse, s'atténuent beaucoup à mesure que cette vitesse croît et lorsqu'elle est atteinte. Mais il est probable que les phases dont je parle subsistent alors à l'état rudimentaire ; et ce que l'on peut constater le confirme. Ainsi, si un corbeau lancé, volant dans l'axe visuel, se profile sur l'horizon, on voit que la projection verticale de l'aile est deux ou trois fois *plus épaisse* à la montée qu'à la descente.

Quand l'oiseau part, c'est toujours obliquement. Lorsque cette obliquité est de haut en bas, la vitesse s'acquiert par la chute et par le battement. Lorsque l'obliquité est de bas en haut, le battement a la double fonction de soutenir l'oiseau et de causer la vitesse. L'obliquité diminue à mesure que la vitesse augmente ; dans le grand vol, elle finit par disparaître. Ce vol de départ tient des vols secondaires dont je parlerai.

Les mouvements complexes que j'ai décrits sont évidemment instinctifs, réglant les pivotements de l'aile et la tension des muscles d'après la pression de l'air que l'oiseau sent très finement. C'est comme l'animal marchant qui exécute sans s'en douter des mouvements d'un équilibre délicat... Mais combien, en pareil cas, la meilleure machine serait insuffisante ! C'est ce qui fait que je tiens pour l'aérostat dirigé.

Partout ailleurs que dans le grand vol, l'axe de l'oiseau est oblique ; mais toujours les ailes battent normalement à cet axe et propulsent l'oiseau suivant lui. Plus l'obliquité de l'axe est grande, moins l'action aviatrice est utile, et moins l'aile pivote par conséquent.

Ainsi, dans le petit vol horizontal, l'axe de l'oiseau est très oblique, l'aile bat rapidement dans un petit angle sans pivotement notable, et la trajectoire est la résultante de la propulsion oblique selon l'axe de l'oiseau et de la pesanteur.

Lorsqu'un pigeon veut monter de près sur un toit, le vol est semblable; la propulsion se rapproche de la verticale et la translation horizontale est petite; le battement est énergique pour lutter contre la pesanteur; le pivotement est imperceptible, car l'action aviatrice est inutile.

Selon les circonstances, l'oiseau développe plus ou moins sa voilure, c'est-à-dire étend plus ou moins le bras. Ainsi, un pigeon voyageur replie l'aileron parallèlement au corps : la propulsion acquiert par là une grande puissance, et la surface aviatrice ainsi diminuée reste suffisante à la vitesse de l'oiseau. Le martinet, qui a une grande voilure, a le plus souvent l'aile arquée; l'hirondelle, de moindre voilure, a plus souvent l'aile droite. La même hirondelle développe sa voilure diversement selon la hauteur barométrique. — Dans ces mouvements, l'oiseau avance plus ou moins le coude ou le poignet afin de régler son centre de sustentation; mais cela n'empêche pas le battement de rester ce que j'ai dit. — Je ne parle pas du développement variable de la queue, qui est connu, et ne touche pas au point spécial de cet exposé très sommaire.

Il est à remarquer que si l'on photographiait, de terre, un vol horizontal battant tel que je le décris, les vues seraient à peu près celles du vol ramé tel qu'on le comprend aujourd'hui (*Bulletin*, août 1897, p. 126-145). En résumé, je crois que le vol ramé proprement dit n'existe pas, et que sa conception résulte d'apparences trompeuses.

Le vol des insectes suit les mêmes lois, sauf qu'il ne paraît pas exister de gondolement volontaire de l'aile, mais seulement les flexions dues aux pressions. Toute l'aile de l'insecte paraît rigide comme les plumes de l'aileron. Ce vol se rapproche du petit vol horizontal de l'oiseau. Je l'ai décrit dans ses phases caractéristiques et ne dois pas m'y arrêter ici (*Recherches sur la navigation aérienne*, Baudry et Cie).

Le vol planant (1) a été assez bien décrit plusieurs fois. L'oiseau

(1) Je ne vois pas l'utilité de distinguer le vol plané et le vol à la voile. Planer, c'est voler sans battre, de toute manière; et le planement sans manœuvre de voilure, comme un cerf-volant ou un aéroplane, est un cas particulier de peu d'intérêt qui ne mérite pas une classification spéciale.

y a toujours une vitesse relative : soit acquise et renouvelée de temps en temps par des battements; soit due à l'emploi des courants d'air; soit obtenue par la chute sous un certain angle et la remontée sous un angle plus petit...

Une fois, j'ai vu passer tout près de moi un grand planeur : son aile planant était animée d'un frémissement rapide. Ce frémissement qui, par la frange de l'aileron, cause une propulsion, serait-il l'explication de ces planements qui paraissent d'une durée interminable (1)? Il m'a paru intéressant de consigner le fait, mais je ne m'y arrêterai pas, parce que les occasions de l'observer paraissent trop rares. Cependant, on le rencontrerait peut-être assez bien en certains lieux d'embuscade, tels qu'un clocher.

Si l'on applique au grand vol un calcul approximatif de résistance, basé sur l'hypothèse de plans d'inclinaison moyenne et la loi du sinus-cube, on trouve un travail de propulsion et de sustentation qui me paraît acceptable. Ainsi un pigeon, à la vitesse de 20 *m*, produirait, par seconde, 1 *kgm*. Je sais qu'une appréciation fondée sur la combustion chimique donne un résultat huit fois moindre, puisqu'elle évalue à 1/2 *kgm* par seconde et par kilogramme le travail en plein vol d'un pigeon, qui pèse environ 250 *g* (p. 143)... Mais il faudrait bien s'entendre sur les données : ainsi, un pigeon voyageur mange-t-il en route ? Rencontre-t-il des courants favorables? Emprunte-t-il quelque chose à l'air ? etc. D'ailleurs, le calcul que j'ai fait avec l'hypothèse de plans moyens ne fait pas intervenir la sustentation spéciale qui semble pouvoir résulter des remous de l'air dans la concavité des ailes, ni l'effet des remous d'arrière. Si l'on suppose que, de ce fait, l'angle aviateur moyen passât, de 15 degrés que j'admettais, à 10 degrés, le travail serait réduit des deux tiers.

Dans les questions délicates dont il s'agit ici, il faut se défier de certaines formules trop rapidement émises. C'est ainsi qu'un savant attribuait la sustentation de l'oiseau à « l'air chaud renfermé dans les plumes ». A ce sujet, un court calcul est intéressant. Un pigeon pèse environ 250 *g*. Or, le vide de toutes ses plumes est loin d'atteindre 25 cm^3; supposons-le cependant. Si ce cube était rempli, non pas seulement d'air chaud mais de ***vide***, il ferait équilibre à 25 *mg*, c'est-à-dire à 1/10000 du poids de

(1) Lorsque des oiseaux suivent un bateau en planant pendant plusieurs jours, il se peut qu'ils utilisent : avec un voilier, le vent dont lui-même se sert; avec un vapeur, la colonne d'air qu'il entraîne.

l'oiseau. Pour équilibrer le pigeon, il faudrait un quart de mètre cube de vide. — Je ne parlerai pas de Navier. Il ne tenait pas compte de la loi des incidences, sans laquelle on n'explique rien.

J'ai vu avec plaisir que, dès 1875, j'étais d'accord avec les études les plus récentes pour signaler un système mixte d'aérostat aviateur... Dans un dirigeable ordinaire on pourrait utiliser l'action aviatrice pour monter ou descendre, moyennant que la nacelle, faisant lest, fût convenablement articulée avec le ballon. On pourrait aussi obtenir l'obliquité de l'aérostat sans cette articulation, par un déplacement de poids à bord.

A la même époque, j'ai formulé par le calcul ce principe de l'aviation, trouvé quinze ans plus tard par des expérimentateurs américains : « Si un plan géométrique pesant, se transportant horizontalement, est maintenu à l'angle minimum nécessaire pour le soutenir, la résistance de translation diminue à mesure que la vitesse augmente » (*Bulletin*, mars 1875).

Il me paraît intéressant, pour ceux que la présente question occupe, de reproduire ici une note sur la *forme de moindre résistance à la translation*, publiée dans la Chronique de novembre 1895 (n° 191), où je discutais des expériences faites en Amérique sur ce sujet.

« Les essais de Newport-News (Virginie), relatifs à la forme de moindre résistance, cités dans la Chronique de juillet, consistent essentiellement à traîner dans l'eau, parallèlement à leur axe, des prismes droits en glace. En fondant sous l'action de l'eau, ces prismes arrivent à prendre à peu près la forme du poisson dans sa direction de marche, qu'ils conservent ensuite en continuant à fondre (ce dernier point n'est pas indiqué ; je le suppose en faveur de l'expérience que je discute).

» L'auteur de l'essai en conclut que cette forme est celle de moindre résistance à la translation.

» Séduit d'abord par l'ingéniosité de ce procédé, j'ai été frappé ensuite de la contradiction qui existe entre la conclusion et l'expérience constante des bateaux, à savoir que, toutes choses égales d'ailleurs, la résistance de translation diminue à mesure que l'on affine la proue et les formes avant. Enfin, je me suis demandé si ces essais avaient réellement la signification que leur attribue leur auteur. On va voir qu'il n'en est rien. Examinons successivement.

» *Avant.* — Il est évident que l'eau refoulée par la translation du prisme tend à attaquer davantage les parties de la tête du prisme droit qui gênent le plus son dégagement et offrent le moins de résistance à la corrosion. Or, ces parties sont précisément les angles et les arêtes. Par conséquent la tête du prisme tendra à prendre une forme arrondie. Elle la conservera probablement, car cette forme parait être celle pour laquelle le frottement de l'eau subit le moins d'irrégularités.

» Mais la somme des pressions agissant alors en tous sens sur la tête du prisme est-elle égale ou en rapport constant avec le minimum des pressions parallèles à la marche ? Rien ne permet de le penser ; d'autant moins que la résultante de translation n'est qu'une partie de la somme des pressions et que leur rapport varie toujours avec la forme. Par conséquent, on ne peut pas conclure que la régularité de frottement — cause, résultat et sauvegarde de la forme arrondie — implique le minimum de résistance.

» Il y a d'ailleurs dans la transformation par corrosion de fusion une conditition tout à fait spéciale, que l'espace dont je dispose ici ne me permet pas d'analyser et qui cause des effets tout autres que ceux des résistances ordinaires. Ainsi le centre de la proue, où la pression est plus grande et le frottement moindre, est maintenu plat normalement à l'axe par la fusion, bien que cette forme soit l'opposé de la diminution de résistance. En outre, la diminution constante et rapide du mobile empêche de constater aucun minimum d'effet.

» Sùpposons un instant que le fuseau pointu soit moins résistant à la translation que la tête de poisson, et qu'un solide en glace de cette forme soit traîné dans l'eau ; la pointe s'émoussera cependant très vite, parce qu'elle heurte l'eau davantage et offre le moins de résistance à l'échauffement ; elle en viendra à la tête arrondie.

» La diminution de résistance observée résulte, naturellement, tant de l'arrondi de la proue que de l'amincissement considérable du prisme. Elle a dû croître sans cesse et aurait continué jusqu'à la complète fusion du prisme, si on avait prolongé l'expérience.

» *Arrière.* — Discuter le cas de l'arrière serait beaucoup trop long ; d'ailleurs les explications du journal américain sont insuffisantes. Je me bornerai à une observation semblable à celle faite

pour l'avant. Chacun peut constater sur les bateaux à peu près prismatiques remorqués sur nos rivières que l'eau se précipitant pour combler le vide laissé par le bateau agit surtout aux deux angles de l'arrière.

» Par conséquent, ces angles seraient les points le plus fortement corrodés par l'eau, s'ils pouvaient l'être. Par conséquent, pour les prismes de glace, les angles de l'arrière sont principalement attaqués, et, cette action se continuant, à mesure que la forme varie, tant sur le contour de la base diminuée que sur les arêtes créées par la corrosion sur les côtés du prisme, la forme tend à se rapprocher de l'aspect d'une queue de poisson.

» Mais cette modification de forme, résultant, comme pour l'avant, de ce que l'eau attaque surtout les points qui la gênent le plus et résistent le moins à la corrosion, ne permet pas de conclure ici davantage que la forme pour laquelle les résistances sont plus régulières corresponde à leur minimum. Une fois la forme de corrosion régulière atteinte, elle se conserverait sensiblement jusqu'à destruction complète du prisme, si on prolongeait l'expérience.

» En somme, la forme prise par le prisme fondant, tant à l'arrière qu'à l'avant, ne résulte pas d'une moindre résistance à la translation, mais d'une uniformisation ou régularisation de la corrosion, ce qui n'a aucun rapport. Il semble donc que les essais de Newport-News n'ont pas la signification admise par leur auteur ».

RÉPONSE

AUX

« REMARQUES SUR LE PROBLÈME DE LA NAVIGATION AÉRIENNE »

PAR

M. Rodolphe SOREAU

Les « *Remarques*, etc... » de M. Duroy de Bruignac sont une série de critiques qui visent non seulement ma récente communication sur le *Problème général de la navigation aérienne*, mais surtout celle que j'ai faite sur la *Direction des Ballons*. Aussi la plupart de ces critiques ont-elles été déjà formulées — et réfutées — lorsque fut discuté mon premier mémoire, qui date de cinq ans. Il ne m'est point apparu qu'on les ait fortifiées d'arguments nouveaux; néanmoins je les examinerai avec les objections qui n'avaient pas encore été produites.

J'insisterai plus spécialement sur les questions de principe; et, pour déblayer le terrain, je vais dès maintenant dire quelques mots des détails de construction et des appareils sur lesquels s'est expliqué M. Duroy de Bruignac : position de l'arbre de l'hélice, positions relatives de l'hélice et du gouvernail, gaines lisses et tranchantes enveloppant les sangles de support, aéroplane mixte, vélocipède aérien, plans superposés.

Faire passer exactement l'arbre de l'hélice par le centre de pression ne va pas sans de grandes difficultés de construction et sans une notable augmentation du poids. Si on ne réussit pas à obtenir ce résultat par des moyens simples, il vaut mieux laisser l'hélice dans la nacelle plutôt que de chercher à la mettre sur l'axe du ballon, ce qui serait presque aussi défectueux et particulièrement compliqué, comme le prouve surabondamment le dispositif indiqué par notre Collègue.

M. Duroy de Bruignac ne serait pas éloigné de préconiser l'hélice en queue et le gouvernail en tête, c'est-à-dire exactement le contraire de ce qui a été fait dans le ballon *La France*, le seul qui se soit dirigé. Je ne trouve pas ce changement heureux, surtout pour un ballon à poupe allongée. L'hélice en tête facilite la

bonne tenue du navire aérien, et cela pour deux raisons : 1° mobilité de l'air ; 2° flexibilité des matériaux légers entrant dans la construction. C'est pour des raisons sinon identiques, du moins de même ordre, que, si l'on doit rouler sur un terrain mouvant une brouette à brancards peu rigides, d'instinct on la traîne au lieu de la pousser. Je n'insiste pas sur ce sujet, parce que notre Collègue n'a fait que l'effleurer, et qu'il exigerait des développements que ne comporte pas cette réponse. Il est du reste extrêmement complexe, et, pour les navires, nombre d'Ingénieurs l'ont abordé sans le résoudre d'une façon définitive; parmi eux, je citerai M. Thibaudier, M. Godron, directeur des Constructions navales, et notre éminent Collègue M. Normand. On pourra consulter avec fruit soit la note de M. Normand, soit le monumental ouvrage de MM. Pollard et Dudebout. J'ajoute que l'étude des perturbations réciproques du gouvernail et de l'hélice perd de son intérêt avec l'emploi de plus en plus fréquent des hélices jumelles.

Les gaines lisses et tranchantes enveloppant les sangle des support ne sont qu'une complication sans effet utile.

L'aéroplane mixte est un système indiqué depuis longtemps ; d'une manœuvre délicate, il n'aura quelque raison d'être que le jour où l'on saura obtenir pour le ballon dirigeable des vitesses d'au moins 15 *m*, ce qui n'est malheureusement pas le cas.

Les considérations que j'ai développées sur le plus lourd que l'air, et que je ne puis répéter ici, montrent que le vélocipède aérien est une utopie.

Quant aux plans superposés, il y a bien longtemps qu'on en a indiqué les avantages en ce qui concerne l'augmentation de la force sustentatrice ; j'en ai le premier signalé un autre avantage encore plus important: à savoir l'augmentation de la stabilité longitudinale. Mais ce système est bien plus dangereux que l'aéroplane ordinaire en cas d'accident à la machinerie.

Cela dit, j'aborde les questions de principes sur lesquelles je ne suis, en aucun point, d'accord avec notre Collègue.

Loi du sinus carré. — A diverses reprises, M. Duroy de Bruignac a invoqué la loi suivante :

Quand un plan se déplace dans un fluide en faisant un angle i avec sa trajectoire, sa résistance à l'avancement R_i serait :

$$R_i = R_{90} \sin^3 i$$

Si l'on remplace les résistances à l'avancement R par les pressions

totales N sur le plan, cette formule devient $N_i = N_{90} \sin^2 i$. C'est la loi de Newton, depuis longtemps tombée en désuétude, tant elle s'éloigne des observations d'expérimentateurs tels que Morin, Piobert, Duchemin, Langley, etc. Tous sont d'accord pour attribuer à la fonction $\frac{N_i}{N_{90}}$ une valeur beaucoup plus compliquée. Cette fonction $f(i)$ varie du reste avec la nature du fluide ainsi qu'avec la forme géométrique du plan et son orientation sur sa trajectoire.

Pour l'air, Duchemin a donné la formule :

$$\frac{2 \sin i}{1 + \sin^2 i}$$

qui est la plus courante en France. Chose digne de remarque : nombre d'années plus tard, Langley trouva dans ses mémorables expériences, les plus précises qui aient été faites jusqu'à ce jour, des résultats qui, pour un plan carré de 30,5 *cm* de côtés, n'excèdent pas en moyenne de 2 0/0 ceux que donne la formule de Duchemin.

En Angleterre et en Allemagne, on emploie volontiers la formule de lord Rayleigh, modifiée par Gerlach :

$$\frac{(4 + \pi) \sin i}{4 + \pi \sin i}.$$

Pour l'eau, on adopte dans l'enseignement de l'École d'application du Génie maritime la formule de Joëssel :

$$\frac{\sin i}{0{,}39 + 0{,}61 \sin i},$$

qui résulte d'expériences faites par cet Ingénieur sur un plan de 30×40 *cm* (ici et dans ce qui suit, la première dimension est celle du côté perpendiculaire à la direction du mouvement). Ce plan presque carré, et dont les dimensions sont comparables à celles du carré de Langley, donne des résultats assez peu différents de ceux obtenus pour l'air.

Le graphique 1 montre à quel point les anciennes formules du sinus carré (Newton), et du sinus simple (Euler), s'éloignent des lois de Duchemin et de Joëssel, qui résultent d'expériences directes. C'est la loi du sinus carré, choisie par M. Duroy de Bruignac, qui s'en éloigne le plus.

Le graphique 2 donne les expériences de Langley sur des plans de même surface, mais d'allongements différents. Ainsi donc, la

Fig.1

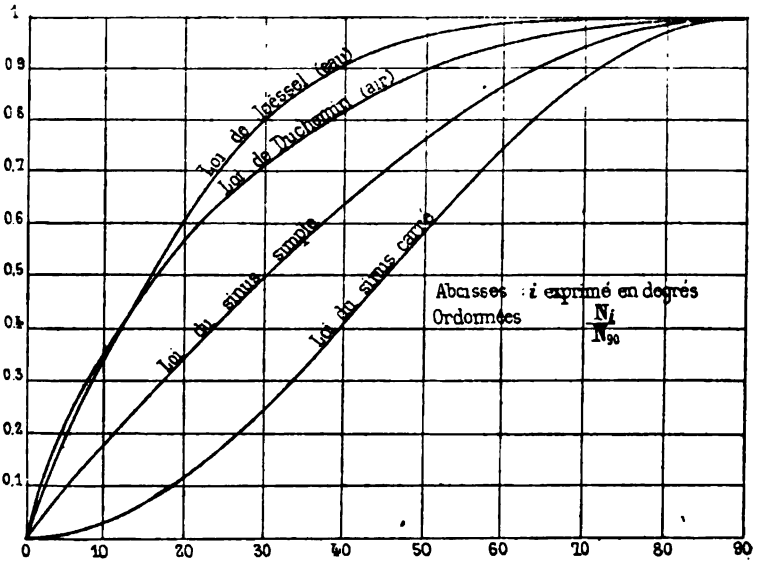
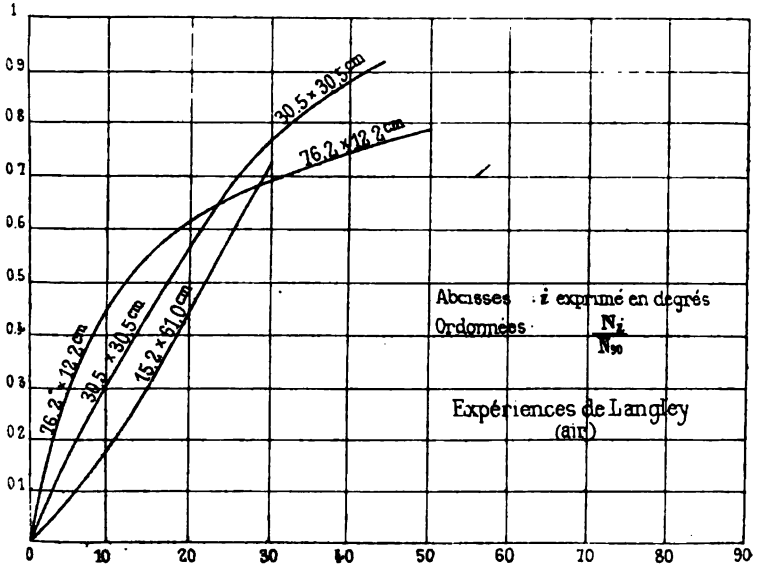

Loi de Ipéssel (eau)
Loi de Duchemin (air)
Loi du sinus simple
Loi du sinus carré
Abcisses : i exprimé en degrés
Ordonnées Ni/N90

Fig.2.


30.5×30.5cm
76.2×12.2cm
76.2×12.2cm
30.5×30.5cm
15.2×61.0cm
Abcisses : i exprimé en degrés
Ordonnées Ni/N90
Expériences de Langley
(air)

pression totale sur un même rectangle varie beaucoup suivant que les lignes de plus grande pente sont parallèles au grand ou au petit côté, ce qu'aucune formule n'a mis en évidence jusqu'ici ; pour certaines inclinaisons, la valeur de $f(i)$ varie du simple au double. Cela tient à ce que le mode d'écoulement, dont il faut toujours tenir compte, n'est plus du tout le même dans les deux cas.

Je réserve à la Société une étude, ébauchée depuis quelques années, où je fais dériver ces phénomènes complexes d'une hypothèse unique, qui conduit à une formule générale tout à fait d'accord avec les expériences. Il ne vous échappera pas que le rattachement des lois expérimentales à des conceptions théoriques, rattachement que j'ai tenté dans le cas simple du plan, peut avoir une grande influence sur le développement de l'Aéro et de l'Hydrodynamique.

En résumé, on ne saurait admettre, même pour le plan carré, que la résistance et le travail à l'avancement soient proportionnels à $\sin^3 i$. De cette proportionalité, M. Duroy de Bruignac a déduit le théorème suivant : « Si un plan géométrique pesant, se transportant horizontalement, est maintenu à l'angle minimum nécessaire pour le soutenir, la résistance de translation diminue à mesure que la vitesse augmente ». Or cet énoncé ne peut avoir de sens que si on y supprime le mot minimum ; et pour qu'il soit celui des auteurs américains dont parle notre Collègue, il faut y remplacer les mots « résistance de translation » par « puissance nécessaire pour entretenir le mouvement horizontal ». Cette loi, ainsi modifiée et que Langley a cru découvrir, se trouve dans les écrits de Borda.

Langley l'a déduite d'expériences sur un plan mince : il ne s'agit donc plus de plan géométrique. Or, M. Drzewiecki signale au contraire que, pour un plan matériel, le travail nécessaire à sa sustentation dans le mouvement horizontal passe par un minimum, pour une inclinaison qu'il appelle *angle optimum*. Cet Ingénieur, dont on connaît les beaux travaux sur la navigation sous-marine, primés au récent concours du Ministère, a même basé sur cette propriété la construction d'une hélice propulsive qui est employée. Je suis d'accord avec M. Drzewiecki, pour des raisons d'ailleurs un peu différentes de celles qu'il a données dans sa brochure sur le vol des oiseaux.

Pour le plan supportant une carène pesante, c'est-à-dire pour l'oiseau et pour l'aéroplane, le commandant Renard a montré que le travail a deux minimums dont j'ai parlé dans mon dernier mémoire.

Résistance à l'avancement des carènes. — M. Duroy de Bruignac rappelle un calcul qu'il vous a présenté en 1884 sur la résistance à l'avancement d'un ballon fusiforme. Or voici, en quelques mots, la marche de ce calcul.

Il considère seulement la proue et la divise en surfaces élémentaires limitées par deux méridiens et deux parallèles très voisins ; il prend comme travail élémentaire :

$$d\,\mathcal{C} = vp_n \sin^3 i\, ds$$

d'où il conclut pour le travail total :

$$\mathcal{C} = vp_n \int \sin^3 i\, ds,$$
$$= vp_n S f(r),$$

v étant la vitesse, p_n S la pression normale sur un disque S égal au maître-bau, $f(r)$ un coefficient fonction du rayon de courbure r de l'arc de cercle, méridienne du fuseau.

Ce calcul comporte des objections nombreuses d'une telle gravité qu'il est impossible d'attribuer la moindre valeur à la formule obtenue.

1° Le travail à l'avancement d'un plan oblique n'est pas proportionnel à $\sin^3 i$;

2° La résistance à l'avancement est la somme de la pression à l'avant et de l'aspiration à l'arrière. Or, dans un élément de carène, la surface avant est seule en jeu ; et la formule relative au plan mince ne saurait être appliquée, car l'aspiration est supérieure à la pression avant, pour les vitesses applicables à la navigation aérienne : cela résulte en particulier d'expériences faites, dans ces dernières années, par M. Irminger ;

3° Il n'est pas tenu compte des actions réciproques des filets fluides qui pressent sur l'élément considéré et des filets qui pressent sur les éléments voisins ; or ces actions sont considérables ;

4° Une intégration est une addition d'infiniment petits ; et de même qu'une addition numérique n'a de sens que si l'on ajoute des unités de même espèce, de même le résultat d'une intégration n'a de valeur que si l'équation différentielle est indépendante de la façon dont on décompose la surface en surfaces élémentaires : le graphique 2 montre qu'il n'en est pas ainsi, puisque la pression totale dépend essentiellement de la forme, carrée, allongée ou courte, de la surface élémentaire arbitrairement choisie.

Je me permets à ce sujet une courte digression, parce qu'elle touche à l'essence même de la mécanique des fluides. En méca-

nique appliquée, on a l'habitude d'établir les formules en ramenant les cas envisagés à des problèmes de mécanique rationnelle; il suffit, presque toujours, de multiplier les expressions trouvées par un coefficient numérique, déterminé par l'expérience, pour avoir une représentation pratiquement exacte entre certaines limites. Cette méthode, ni l'évidence ni le raisonnement ne l'imposent; elle est donc essentiellement subordonnée à cette sanction brutale qu'elle réussisse; et généralement elle réussit. — A quoi cela tient-il? Au fait suivant, qu'on ne devrait pas perdre de vue: la loi d'un phénomène ne peut se représenter avec quelque rigueur que par une série d'un grand nombre de termes; mais, le plus souvent, il y a dans cette série un terme principal, que précisément l'analyse mathématique met en évidence; et si l'on imagine que, dans la série envisagée, on mette ce terme en facteur commun, la parenthèse est de la forme $1 \pm \varepsilon \pm \varepsilon' \pm \varepsilon''\ldots$ En raison de la faible valeur de ε, ε',... on peut alors remplacer la parenthèse par un coefficient numérique k, dont la valeur reste pratiquement constante entre des limites déterminées. Mais, dans les phénomènes qu'intéresse l'écoulement des fluides, cette méthode ne réussit plus, parce qu'alors il n'y a pas de terme principal. Ainsi, dans le cas simple de la résistance à l'avancement d'un plan incliné, les moindres changements dans la nature de la surface, dans sa forme, dans ses dimensions, etc., modifient totalement le mode d'écoulement, et provoquent, pour l'unité de surface, des variations de même ordre que les variations de l'angle d'incidence ou de la vitesse. — Ces quelques aperçus expliquent à quelles difficultés on se heurte quand on veut soumettre à l'analyse mathématique les phénomènes d'Aéro ou d'Hydrodynamique. Aussi les nombreuses et savantes théories basées sur la conception du fluide parfait ne sont-elles, au fond, que des spéculations dont les résultats s'éloignent énormément des résultats expérimentaux trouvés sur les fluides naturels;

5° Tenons cependant pour exact le résultat obtenu par M. Duroy de Bruignac en effectuant l'intégration. Notre Collègue en tire cette conclusion, qu'à maître-bau égal la résistance diminue notablement avec la finesse de proue — ce qui est bien évident *a priori*, puisqu'il a négligé le frottement, dont le rôle n'est pas sans importance. Et la poupe, qu'en fait-on dans ce calcul ?... On la néglige.

On se contente de dire qu'elle agit seulement pour empêcher toute contre-pression. On ne paraît pas se douter que, pour une

proue déterminée, il y a une poupe, et partant une longueur de poupe, qui donne une résistance minimum, à la vitesse considérée. Afin de montrer que le fuseau dissymétrique devrait marcher le bout effilé à l'avant, il aurait fallu prouver que cette longueur favorable de poupe était plus courte que la longueur de proue, et c'est précisément ce qu'on a omis de faire.

Dans ces conditions, que peut bien signifier la quasi-coïncidence, dont se félicite M. Duroy de Bruignac, entre la résistance du ballon *La France*, mesurée directement par MM. Renard et Krebs, et la résistance qu'il a calculée par une formule dont l'établissement prête à tant de critiques, et qui ne tient pas compte de la poupe? Cette quasi-coïncidence, notre Collègue incline volontiers à penser qu'elle eût été plus complète si les officiers de Chalais avaient mieux déterminé la vitesse ; il ne s'est pas dit que cette prétendue incertitude est précisément de nature à justifier toute formule mauvaise, et la sienne en particulier. En effet, si l'on admet que le travail est proportionnel au cube de la vitesse, on a :

$$\frac{d\mathfrak{T}}{\mathfrak{T}} = 3\,\frac{dV}{V},$$

de sorte qu'en se donnant une certaine marge pour la vitesse, on se donne pour le travail une marge environ trois fois plus grande. C'est pour cela que MM. Renard et Krebs, loin de mesurer la vitesse avec l'incertitude qui leur est attribuée bien gratuitement, l'ont, au contraire, déterminée avec le plus grand soin.

En réalité, il y a désaccord marqué entre les expériences de Chalais et la formule de M. Duroy de Bruignac. Les premières ont conduit, pour le travail résistant, à la relation empirique :

$$\mathfrak{T} = 0{,}0215\,SV^3,$$

applicable au ballon *La France* ; la seconde donnerait pour ce même ballon :

$$\mathfrak{T} = 0{,}0164\,SV^3.$$

Il est aisé de vérifier sur ces formules le bien-fondé de ce que j'ai dit. En effet, bien qu'elles donnent un écart très notable sur le travail, elles fournissent des résultats identiques avec des vitesses assez peu différentes : pour que la première conduise au même résultat que la seconde où l'on fait $V = 5{,}50\,m$, il suffit qu'on y prenne $V = 5{,}5\sqrt[3]{\frac{164}{215}} = 5{,}03\,m$.

Cet exemple montre clairement que la prétendue coïncidence invoquée par M. Duroy de Bruignac en faveur de sa formule n'a aucune portée.

Assurément, en l'état actuel de nos connaissances sur la mécanique des fluides, l'analyse des phénomènes auxquels donne lieu le déplacement des carènes est chose délicate, pour ne pas dire impossible. Mais, si l'on ne pouvait la conduire jusqu'au bout, il fallait s'en rapporter à l'expérience, critérium inflexible de nos travaux en général, et de ceux-ci en particulier. Et qu'enseigne l'expérience? Le jour même où se discutait ici ma première communication, M. Marey publiait, dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, des photographies de carènes en mouvement dans l'eau ; rien qu'en regardant les remous produits, on voit que, pour le fuseau dissymétrique, la résistance est moindre s'il marche le bout gros et court à l'avant. — M. Duroy de Bruignac cite les expériences faites à Chalais sur des fuseaux de bois qui tombaient dans un bassin ; mais il attribue à ces expériences, d'ailleurs rudimentaires, un but qui ne serait pas celui des auteurs, si j'en juge par les lignes suivantes, que je lis dans un ouvrage publié par un officier de Meudon. « On vérifia expérimentalement la manière dont se comportent les corps dissymétriques et à tête obtuse lorsqu'ils se meuvent dans un fluide... On laissa tomber les corps la tête la première dans l'eau, et l'on observa scrupuleusement les phases de l'expérience. Celle-ci fut concluante ; elle permit de choisir la forme la plus convenable, pour laquelle le plongeur s'enfonçait d'un mouvement bien rectiligne, sans mouvement de lacet. » Ainsi, on cherchait à déterminer une forme de navire susceptible de bien tenir sa route. La forme ainsi déterminée dans l'eau ne convient pas forcément pour l'air. En effet, rien n'autorise à considérer les résultats comme à peu près identiques dans les deux fluides, ainsi que le dit M. Duroy de Bruignac ; bien au contraire, la différence entre la densité, et surtout entre la compressibilité de l'air et de l'eau, qui jouent un rôle considérable dans le mode d'écoulement, conduit à penser que les lois sont notablement différentes. Mais les officiers de Chalais s'en rapportèrent à ces essais faciles parce qu'il aurait été oiseux de chercher à être précis, attendu que le ballon change beaucoup de forme quand il est chargé de la nacelle, des passagers, du moteur et des approvisionnements.

Bien plus probantes, au point de vue de la résistance, sont les expériences imaginées par un Américain, M. Moulton, qui releva

les formes successives prises à la longue par un cylindre de glace qu'on promenait dans l'eau, ou par un cylindre de cire placé dans un courant d'air chaud. Notre Collègue M. Mallet disait dans une de ses substantielles Chroniques : « Les formes finalement obtenues présentent beaucoup d'analogie avec les formes des carènes que M. Soreau a lui-même indiquées. » M. Duroy de Bruignac, il est vrai, a prétendu que ces jolies expériences, genre Tyndall, ne prouvent rien, sous prétexte que la fusion du corps est due à « la régularité de frottement — cause, résultat et sauvegarde de la forme arrondie, — qui n'implique pas le minimum de résistance. » D'abord, pourquoi admet-il cette régularité du frottement (qui serait à la fois une cause et un effet), alors que la vitesse varie aux différents points d'un filet fluide? Quand on essaie de dégager une conclusion des longues considérations développées par notre Collègue, on voit qu'il n'aboutit au fond qu'à constater la corrosion régulière. Si, au lieu de s'arrêter à cette simple constatation, on cherche le pourquoi de ce phénomène, on s'aperçoit — comme je l'ai montré, il y a deux ans, dans la discussion du mémoire de M. Pesce sur la navigation sous-marine, — qu'en vertu du principe de moindre travail les formes successives correspondent à l'écoulement du fluide sans remous. J'en ai conclu que ce sont des formes de moindre résistance (car il n'y a pas une forme, mais une famille de formes de moindre résistance); en cette conclusion, j'avais la bonne fortune de me rencontrer avec William Rankine, le plus illustre peut-être des *Naval Architects* de la Grande-Bretagne.

La nature elle-même est en désaccord avec notre Collègue. Je me suis suffisamment expliqué sur ce point, soit dans mes deux mémoires, soit dans diverses discussions, pour me dispenser d'y revenir, en raison du caractère de cette argumentation spéciale, qui nous éloigne par trop de la mécanique. Je me borne à constater que notre Collègue invoque les imperfections de la nature quand il s'agit de préconiser une forme de carène qu'elle n'a jamais adoptée, et qu'il invoque au contraire la dextérité des oiseaux, quand il s'agit d'expliquer comment ils parviennent à régler les inclinaisons variables pour chaque partie de l'aile, qui sont nécessaires dans sa théorie pour éviter les soubresauts inhérents au mécanisme qu'il indique.

En résumé, la formule du travail donnée par M. Duroy de Bruignac est inexacte comme calcul et comme résultat; ses déductions, en ce qui concerne les formes de moindre résistance

sont contraires aux résultats d'expériences. Il en est de même de diverses autres considérations qu'il a formulées. Ainsi, il dit que l'assimilation des carènes dans l'air et dans l'eau approche de la vérité : oui, si on laisse planer une incertitude sur la vitesse, comme l'explique encore la formule :

$$\frac{d\mathfrak{C}}{\mathfrak{C}} = 3\frac{dV}{V};$$

non, si les vitesses sont bien mesurées. — Il dit encore que de très légères différences de finesse ont un effet considérable : cela n'est vrai que pour de grandes vitesses, et tous les marins savent d'autre part que les proues fines ne conviennent absolument pas aux faibles allures, à égal volume d'eau déplacé, c'est-à-dire à poids utile égal. C'est que le travail se compose, en réalité, d'un terme en V^3, qui dépend de la résistance propre de la carène, et d'un terme d'ordre moindre en V, qui dépend de la surface mouillée. — Il dit enfin que la résistance des carènes est proportionnelle au sinus cube de l'angle d'incidence de l'eau, ce qui n'a aucune signification, car il y a autant d'angles d'incidence qu'il y a de filets liquides.

Du vent et de ses variations. — La poupe effilée est encore condamnée par notre Collègue sous prétexte qu'elle rend difficile le maintien de l'orientation à donner au ballon « dans sa lutte contre un vent oblique ».

Mais le vent, c'est le déplacement de l'air par rapport au sol ! par ce fait que le ballon est entièrement immergé dans l'air, il participe à ce déplacement général, et cela sans lutte d'aucune sorte ! Si c'est un ballon ordinaire, il reste (aux mouvements verticaux près), immobile par rapport à la masse atmosphérique ; s'il est muni d'un propulseur, il a la faculté de s'y déplacer dans un azimut quelconque, N. ou S., E. ou O., avec la même aisance et la même vitesse.

Qu'on fasse, pendant un instant, abstraction de la terre, et ces vérités mécaniques sauteront aux yeux ! Le déplacement de la terre sous l'aérostat n'intervient qu'indirectement, parce que nous rapportons sur le sol, par projection verticale, la trajectoire réelle du ballon, ce qui est logique, puisque c'est à la terre que nous attachent nos besoins, c'est sur le sol que se trouvent le point de départ et le point terminus du voyage. Mais de lutte contre le vent, il n'y en a pas ; que, sous l'aérostat, la terre fuie dans n'im-

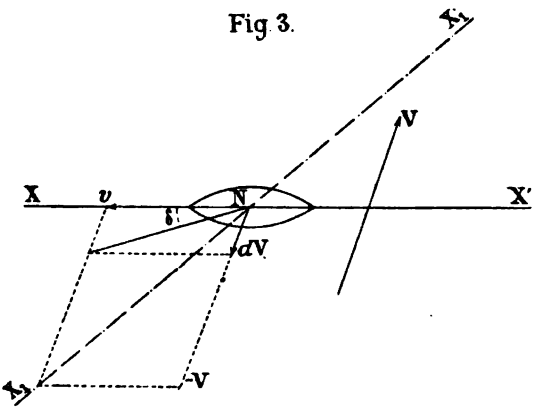
porte quelle direction, il n'y a pas de vent pour le ballon ordinaire, et, pour le ballon dirigeable en marche rectiligne, il y a toujours courant debout, ce qu'on appelle, improprement du reste, vent debout. M. Duroy de Bruignac admet au contraire que, pour un vent N., le ballon dirigeable qui maintient une trajectoire S.-E. N.-O. ressente un vent qui fait un angle de 45° avec sa trajectoire ! Il admet que les oiseaux planeurs qui suivent un bateau voilier puissent utiliser le vent dont se sert ce voilier, qui est lié à la terre !

Ainsi donc, la vitesse de la terre sous l'aérostat, phénomène purement *relatif*, n'a rien à voir avec les qualités *absolues* du navire, c'est-à-dire avec sa vitesse, sa stabilité, sa facilité d'évolution, sauf sous des réserves que je vous demande la permission d'indiquer, puisqu'on a soulevé ce débat.

Ce que je viens de dire est rigoureusement exact pour un vent régulier. Mais, bien malheureusement pour la navigation aérienne, le déplacement de l'air par rapport au sol, autrement dit le vent, est soumis à de perpétuelles variations de vitesse, voire même de direction. C'est là un très gros écueil pour les aéroplanes; pour les ballons, l'écueil est plus facilement surmontable, et surtout beaucoup moins dangereux.

Afin de voir l'effet produit par ces variations, supposons d'abord un vent régulier. Soit XX′ (*fig. 3*) la trajectoire suivie repérée dans la masse atmosphérique; au-dessous du navire N, dont la vitesse est v, le sol se déplace avec une vitesse — V égale et de sens contraire à la vitesse du vent. Jusqu'ici, ce déplacement de la terre n'intéresse pas les qualités nautiques du navire; il n'a d'autre effet que de dévier le repérage de la route sur le sol, route qui s'y projette en X_1 X_1'. Mais les phénomènes calorifiques, dont l'atmosphère est le siège, phénomènes d'une grande mobilité, modifient sans cesse le régime d'écoulement de l'air par rapport au sol, autrement dit le vent. Que se passe-t-il alors? Grâce

Fig. 3.



à son inertie, le navire tend à suivre sa direction, et sa vitesse propre v se compose avec les *variations* dV du vent, de sorte que le courant est dévié de l'angle ε. Or, des études météorologiques récentes m'ont amené à penser que ces variations s'exercent principalement dans le sens de la vitesse du vent et croissent avec cette vitesse. C'est ainsi que la grandeur et la direction du vent s'introduisent indirectement, pour ainsi dire par leurs différentielles. Elles imposent la nécessité de donner une grande stabilité au navire aérien.

Stabilité de route. — « La stabilité, ou faculté de prendre et de conserver une direction, résulte, dit M. Duroy de Bruignac, de deux choses : du point d'application de la résultante des forces entraînant la carène, et de la forme extérieure de la carène provoquant la résistance du milieu. » (J'ai remplacé par le mot *carène* le mot *ballon* qui se trouve dans le texte, parce que j'examine le cas d'une carène aérienne quelconque.)

Rien n'est moins exact que cet énoncé. Lorsque, pour une cause quelconque, l'équilibre dynamique est rompu, c'est-à-dire précisément lorsqu'ont à intervenir les qualités de stabilité de route, la résultante, et par suite le point d'application envisagé, n'existent plus : il n'y a que des moments, moment d'inertie, moment de la résistance à l'avancement dû à la dérive, moment d'évolution quand agit le gouvernail. C'est par eux que peut se chiffrer la stabilité de route. Cette stabilité sera bonne si le navire est amené sur son nouvel élément de trajectoire par une rotation sans tête-à-queue, suivie de mouvements de lacets d'amplitude et de durée très faibles.

Loin de mettre en jeu ces moments, notre Collègue fait intervenir et le point d'application d'une résultante qui n'existe plus, et le centre de traction, qui n'a aucun rôle, puisque le moment de la traction est nul. Au reste, le centre de traction n'a pas même de rôle dans l'équilibre dynamique, et tout le monde sait qu'il est indifférent, au point de vue des équations, que l'hélice soit, sur son arbre, plus ou moins éloignée du centre de gravité du navire, voire même qu'elle soit tractrice ou propulsive.

Les considérations développées par M. Duroy de Bruignac pèchent donc par leur point de départ, ce qui me dispense d'en examiner le développement, assez difficile à suivre. Au reste, pour apprécier ses idées sur ce délicat sujet, il suffit de se rappeler comment il pose la question. « Tout mouvement de l'aérostat,

dit-il, dépend de trois causes : 1° la propulsion suivant l'axe et la puissance vive de l'aérostat dans le même sens ; 2° le gouvernail, qui dirige cette propulsion ; 3° les résistances extérieures et la puissance vive de l'aérostat dans la direction que ces résistances lui impriment. » Dans cet exposé, on met en ligne la propulsion et des résistances, qui sont des forces, la puissance vive, qui est un travail, et le gouvernail, qui est un organe ; et l'on peut se demander ce qu'il faut entendre par cette composition : « l'action du gouvernail se compose avec la traction et les vitesses qui sont parallèles à cette traction ».

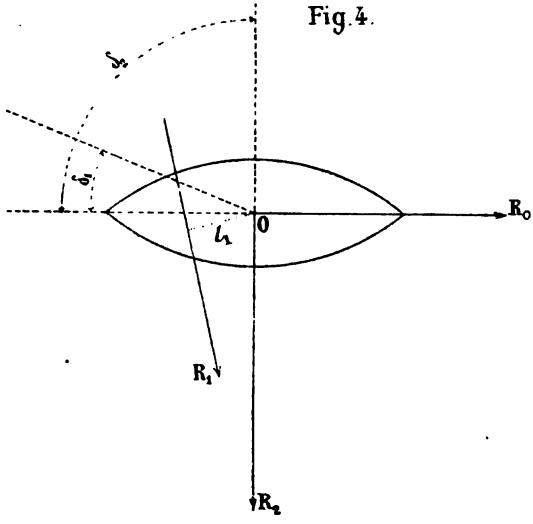
Après cette réfutation, qu'il me soit permis, non pas d'essayer de traiter ce sujet si complexe, dont la solution n'a pas encore été donnée malgré de remarquables travaux, mais seulement de faire entrevoir quel rôle la forme des carènes complètement immergées joue dans la stabilité.

Je rappelle d'abord ce que les marins entendent par « stabilité de route d'un navire à hélice ». Quand, après avoir fait usage du gouvernail, on vient à redresser la barre, il arrive, sur certains navires lourds et trapus, que le déplacement angulaire continue, au lieu de s'arrêter rapidement ; si même on cherche à enrayer ce déplacement par une manœuvre inverse du gouvernail, on ne réussit qu'à lancer le navire sur l'autre bord, et ainsi de suite à chaque manœuvre nouvelle : le navire fait alors de violents mouvements de lacets sur la route rectiligne qu'il devrait suivre. Ce défaut apparut avec les garde-côtes ; il a été relaté pour la première fois par Dupuy de Lôme, dans sa Note sur la batterie flottante de l'*Implacable*. Les marins disent que le bateau manque de stabilité de route.

Pour le navire aérien, l'évolution par le gouvernail, ou l'embardée par suite des variations du vent, sont l'une et l'autre susceptibles de produire ces mouvements de lacets. Dans les deux cas, la résistance à l'avancement R ne s'exerce plus suivant la quille, puisque cette quille fait, avec le courant, un angle δ que j'appellerai angle de dérive, par généralisation du terme employé en marine. La résistance R donne lieu à un moment Rl dont la grandeur, fonction de δ, est presque impossible à soumettre au calcul. Toutefois, on peut voir qu'avec le fuseau symétrique (*fig. 4*), ce moment est nul pour $\delta = 0$ et pour $\delta = 90°$, puisque alors les résistances sont R_0 et R_2 : il croît donc d'abord, passe par un maximum $R_1 l_1$ pour une dérive δ_1, puis décroît et s'annule en changeant de sens pour $\delta_2 = 90°$. Il en est de même pour une

forme dissymétrique, mais δ_1 et δ_2 ont des valeurs autres. Or si, dans cet examen qui ne vise pas à la rigueur, on fait pour un instant abstraction de la grandeur absolue de R*l* et du moment d'inertie, on voit qu'il y a un évident intérêt à prendre une forme qui donne de faibles valeurs à δ_2, angle à partir duquel le moment change de sens, ainsi qu'à δ_1, angle à partir duquel le moment décroît : en effet, on enraye de la sorte l'amplitude de la rotation, ainsi que la valeur de son accélération, causes des mouvements de lacets. Jusqu'à quel point la grandeur de R*l* et le moment d'inertie peuvent-ils modifier ces vues ? Il est malaisé de le dire ; mais il est à présumer qu'elles restent exactes dans leur ensemble. Or on se rend compte, par de simples croquis, que les angles δ_1 et δ_2 sont plus faibles pour le fuseau dissymétrique à proue courte que pour le fuseau symétrique, plus faibles pour le fuseau symétrique que pour le fuseau dissymétrique à proue allongée.

Fig. 4.



En résumé, la première forme donne une résistance à l'avancement moindre que les deux autres, comme le montrent les expériences de Moulton ; de plus, elle paraît susceptible d'augmenter la stabilité de route. Et M. Duroy de Bruignac n'a nullement justifié son opinion sur la forme des carènes ni prouvé que celle du ballon de Chalais ait gravement entravé, depuis quinze ans, les progrès de l'Aéronautique. Prétendre, comme il l'a fait, qu'en marchant le bout allongé en avant ce ballon eût doublé sa vitesse est une appréciation dont l'erreur saute aux yeux : car, doubler la vitesse équivaut à multiplier par 8 la puissance du moteur sans changer son poids ; comment admettre que le seul fait de retourner le ballon puisse donner le même résultat qu'un moteur huit fois plus léger ?

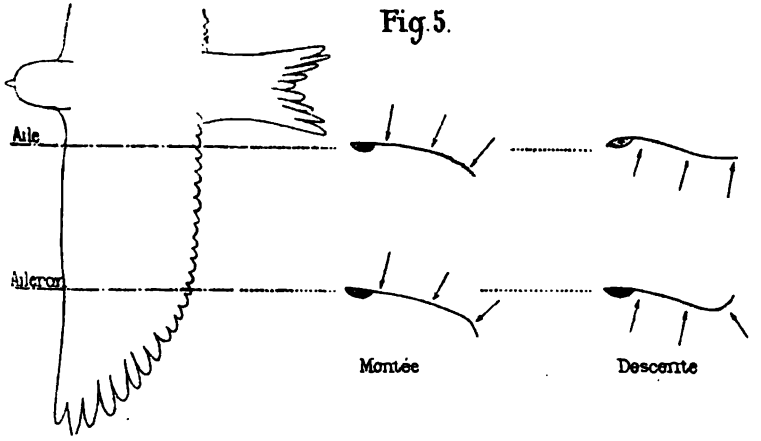
Notre Collègue s'est plaint qu'on n'ait jamais donné suite à sa demande de faire marcher ainsi le ballon de Chalais. Je regrette

presque autant que lui-même qu'on ne lui ait pas répondu à ce sujet : cela m'eût dispensé de le faire aujourd'hui. Mais je doute que l'autorisation ministérielle eût suffi ; il aurait aussi fallu celle du ballon, dont la stabilité de route eût été passablement compromise, et qui, avec une embardée un peu forte, serait précisément venu à la position dont notre Collègue veut l'éloigner.

Vol des oiseaux.— M. Duroy de Bruignac donne une théorie du vol qui fait reculer l'aviation au temps où l'observateur ne disposait que de sa vue pour examiner les mouvements si rapides et si complexes de l'aile. Ce recul n'a rien d'étonnant, puisque la théorie en question remonte à vingt-trois ans, et qu'alors la chronophotographie n'existait pas. Mais notre Collègue aurait pu se demander depuis si ses idées ne devaient pas être modifiées par les faits certains mis en évidence par cette admirable méthode.

Je reprends, dans ses lignes principales, sa théorie du grand vol. Sur la figure 5, les flèches représentent la réaction de l'air.

Fig. 5.



Dans ce système, à l'abaissée comme à la remontée de l'aile, la frange de l'aileron donne une composante horizontale propulsive qui a une prépondérance marquée sur les composantes horizontales dans les autres régions de l'aile : d'où propulsion ininterrompue.

Quant à la sustentation, l'aile descendante soutient l'oiseau en frappant l'air par sa face inférieure ; l'aile remontante tend, au contraire, à le projeter vers le sol en frappant l'air par sa face supérieure. Il devrait en résulter, pour le moins, de violentes oscillations de l'oiseau ; cependant, ces oscillations sont très faibles

et M. Duroy de Bruignac ajoute même qu'elles n'existeraient pas si le mouvement de l'aile se faisait toujours exactement comme il l'indique ! En quoi consiste ce mouvement idéal ? « L'obliquité de l'aile et celle de l'aileron, variables et différentes l'une de l'autre, sont maintenues telles que leur action aviatrice, tantôt secondée, tantôt combattue par le battement vertical, maintienne une sustentation constante ».

C'est une idée nouvelle que de ramener un problème de dynamique à un problème de statique, en convenant qu'il suffit d'introduire ce que notre Collègue appelle la force aviatrice, dans le cas du vol, ou la faculté propre de direction des ballons-projectiles, dans le cas des carènes. C'est une idée nouvelle que de dire : « L'aile est animée de la vitesse de battement et de la vitesse de translation de l'oiseau ; examinons séparément ce que produit chacune de ces vitesses ». Quand un organe plongé dans un fluide est animé de plusieurs vitesses, il ne reçoit néanmoins le courant que dans *une seule* direction. Si les conceptions de M. Duroy de Bruignac étaient vraies, comme la résultante peut, à son tour, se décomposer en deux composantes suivant deux directions rectangulaires quelconques, on en conclurait à la présence de courants suivant telles directions qu'on voudrait !

La preuve qu'en plein vol le courant frappe toujours l'aile en dessous ? elle est dans le fait suivant : aux battements de l'essor, alors que la vitesse de l'oiseau est faible et la vitesse de battement — très énergique, la résultante à la remontée serait — trop peu inclinée sur la trajectoire pour frapper l'aile par la face inférieure et il y aurait projection vers le sol ; pour échapper à cette conséquence désastreuse, l'oiseau, dans cette phase du battement, place ses plumes en lames de persiennes, de façon à couper l'air. Cette particularité, nettement mise en évidence par Marey, ne se produit plus en plein vol, comme le montre l'étude anatomique de l'aile.

On voit en quoi diffèrent les méthodes qui nous ont conduits, M. Duroy de Bruignac et moi, à des théories complètement opposées. Je suis parti de phénomènes certains, de mouvements enregistrés par la chronophotographie ; et comme l'enregistrement n'a pu se faire pour le plein vol, en raison des difficultés considérables qu'on rencontre alors dans l'application des procédés de Marey, j'ai cherché comment se modifient dans ce cas les mouvements enregistrés dans les premiers battements ; pour cela, j'ai eu recours à des considérations anatomiques non moins certaines. J'ai pu

ainsi donner une théorie simple et générale, puisqu'elle explique le passage graduel des battements de l'essor aux battements du plein vol et au planement. M. Duroy de Bruignac, au contraire, « tout en rendant aux observations photographiques du vol l'hommage que personne ne saurait leur refuser », s'est bien gardé de les consulter ; il ne s'est adressé qu'à l'œil et il l'a inconsciemment forcé à voir ce dont il avait besoin pour sa théorie : c'est ce qui arrive fatalement quand, à un appareil simplement enregistreur, on substitue un organe intelligent, conséquemment partial, qui mérite d'ailleurs en l'espèce les reproches de perspective faits à l'appareil d'enregistrement. La preuve qu'en cette occurence l'œil a vu ce qu'on voulait qu'il vit, c'est qu'il ait distingué ces courbures particulières de la frange de l'aileron, que la photographie ne révèle pas à l'essor, alors cependant qu'elles devraient être plus accusées, puisqu'à cette période les battements sont plus énergiques.

Assurément, l'œil peut et doit collaborer à l'observation directe ; mais, inversement, les appareils enregistreurs doivent contrôler les observations de l'œil ; car, pour ces phénomènes compliqués, cet organe a besoin d'une éducation préalable qu'il acquiert précisément avec la chronophotographie. La théorie que M. Duroy de Bruignac donne du grand vol prouve, mieux que je ne saurais le faire, la nécessité de cette éducation. Et la critique que je viens d'en donner me dispense d'examiner ce qu'il appelle les vols secondaires.

Tout ce qui précède concerne des phénomènes d'Aérodynamique, science assurément fort intéressante, car elle sera la base de l'Architecture aérienne comme l'Hydrodynamique est la base de l'Architecture navale. Mais, au contraire de ce que pense M. Duroy de Bruignac, la véritable pierre d'achoppement du navire aérien, au point où nous en sommes, est le poids du moteur. Je crois pouvoir dire qu'un progrès très considérable vient d'être fait par le commandant Renard dans l'allégement de la puissance motrice ; l'éminent directeur du parc de Châlais se serait adressé cette fois à la machine à vapeur, dont j'ai ici même, il y a plus de cinq ans, fait ressortir les avantages au point de vue de la légèreté.

NOTES
DE
NOS CORRESPONDANTS DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

LES
INDUSTRIES MINIÈRES ET MÉTALLURGIQUES
DANS LE
SUD DE LA RUSSIE

PAR

M. M. AUMARD

Dans le *Bulletin* de novembre 1897 de notre Société, il est donné un compte rendu de l'ouvrage de M. Maurice Verstraete sur *la Russie industrielle*. Comme il est question, dans cet ouvrage, du rapide développement de l'industrie dans la Russie méridionale et de la trop faible part prise par l'industrie française dans ce développement, j'ai pensé qu'il serait peut-être intéressant, pour certains de nos Collègues, de donner quelques chiffres de statistiques montrant l'importance acquise par les industries minières et métallurgiques dans le sud de la Russie ou plutôt dans le bassin dit du Donetz.

Ces statistiques sont tirées des « Comptes rendus des délibérations de la vingt-deuxième Assemblée des industriels du sud de la Russie à Kharkoff » (1897).

Industrie houillère.

En premier lieu, les houillères du Donetz ont expédié : du 1er septembre 1896 au 1er septembre 1897, un total de 422 503 wagons de 600 pouds (en réalité de 609 pouds ou, à très peu près, 10 tonnes). Ces expéditions ont été faites par 189 exploitations, parmi lesquelles je citerai les douze premières, pour donner une idée de leur importance :

1°	Société minière et industrielle de Routchenko .	40 409 wagons
2°	Société minière de Gorlowka	47 620 —
3°	Mines de Goloubowka et Berestovo-Bogodoukowka.	39 257 —

4° Mines réunies de M. Alchewsky.	39 123	wagons
5° Mines de Makiewka.	29 629	—
6° Société des mines de Prokoroff.	23 944	—
7° Mines de M. Karpoff	17 982	—
8° Mines de M. Rikowsky	17 356	—
9° Mines de M. Markoff	14 577	—
10° Société anonyme des mines d'Almaznaia . . .	13 789	—
11° Mines de MM. Maximoff	12 327	—
12° Société des mines de Pietro-Mariefka	11 078	—

Pour les mines non citées et qui suivraient dans la nomenclature, les chiffres décroissent rapidement et on arrive même, pour les dernières, à des expéditions de un ou deux wagons seulement. Mais, parmi elles, il en est qui ne sont qu'en période de création et qui, dans peu d'années, viendront se placer dans les premiers rangs.

Dans les 422 503 wagons de combustible expédiés par la totalité des exploitants, sont compris 35 010 wagons de coke. Dans la période 1879-1880 (période par laquelle commencent les statistiques officielles), les expéditions avaient été de 61 292 wagons. Ainsi, dans l'espace de dix-sept ans, la production de houille a progressé dans le rapport de 1 à 7, et cette progression est à prévoir plus rapide encore avec la prochaine mise en marche de nombreux sièges d'extraction bien outillés et créés pendant ces deux ou trois dernières années par des Sociétés étrangères.

Si, après les producteurs, nous cherchons les consommateurs de charbon, nous voyons, d'après les statistiques, qu'il a été expédié :

Pour la période 1896-1897.

	Wagons.		0/0 des expéditions totales.
Aux Chemins de fer.	124 739	soit	30,28
Usines à gaz	4 980		0,64
Navigation à vapeur	23 693		6,09
Usines métallurgiques	115 762		27,70
Sucreries.	30 221		7,41
Petites industries, chauffage domestique et divers.	123 108		27,88
	422 503	soit	100,00

Tandis que, pour la période 1879-80, la répartition entre consommateurs avait été comme suit :

	Wagons.		0/0 de la production totale.
Aux Chemins de fer	35 612	soit	56,88
Usines à gaz	539		0,83
Navigation à vapeur	3 283		5,87
Usines métallurgiques	208		0,60
Sucreries	10 365		17,69
Petites industries, chauffage domestique et divers	11 285		18,13
	61 292	soit	100,00

Sans plus d'explication, et rien qu'en comparant ces deux derniers tableaux, on peut mesurer les progrès accomplis par l'industrie dans la Russie méridionale et particulièrement par la métallurgie qui a pu passer, d'une consommation de combustible de 208 wagons en 1879-80, à celle de 115 762 wagons en 1876-77. Et, comme pour l'industrie minière, on peut dire que le développement de l'industrie métallurgique s'accentuera encore : car, de nombreuses usines en création ou en projet vont bientôt entrer en ligne de compte.

Je crois bon, à ce propos, de donner le nombre de wagons (de 600 pouds) de fonte, fer ou acier, expédiés pendant la période 1896-97, par les six principales usines du sud de la Russie :

Usine de Youzofka	17 861	wagons.
— Briansk (à Ekaterinoslaw) . . .	15 614	—
— Kamenskoe	12 705	—
— Droujkowka	6 370	—
— Iouriefka	5 342	—
— Krivoï-Rog	4 020	—
	61 912	wagons.

Enfin, pour terminer ces statistiques, je donnerai un tableau de la production des salines du district de Bakmouth, pendant la période 1896-97. Cette industrie, comme les autres, est en sérieuse progression.

Salines de la Société Française	21 917	wagons.
— — Hollandaise	6 562	—
— du sud de la Russie (station Dekonowky).	1 979	—
— Pchenitchny	191	—
— Slaviansk	4 932	—
— Skaramanga	1 622	—
	37 203	wagons.

Les tableaux précédents peuvent donner une idée de l'importance déjà acquise par les mines et la métallurgie dans la Russie méridionale. Mais, ce qu'ils ne montrent pas, et ce qu'il est utile de dire, c'est la trop petite part prise par la France dans l'exploitation des richesses de ces pays. Depuis longtemps déjà, l'industrie allemande a pénétré en Russie ; les machines de toutes sortes, importées chaque année de l'Angleterre, représentent une somme considérable : enfin, pendant ces dernières années, et sous le couvert de l'alliance Franco-Russe, les capitaux belges ont afflué pour la création d'usines ou pour l'exploitation de mines qui tiennent aujourd'hui la tête dans le bassin du Donetz.

A côté de ces grandes industries, qui demandent de gros capitaux, s'en créent de plus modestes, telles que chaudronneries, boulonneries, fonderies, construction de machines, d'outillage, etc., et là encore ce sont les Allemands et les Belges qui prennent place. Comme suite naturelle, ces usines ou ces ateliers, pour s'installer, font venir d'Allemagne, de Belgique ou d'Angleterre, les machines et tout l'outillage qu'ils ne peuvent se procurer en Russie. C'est enfin à ces mêmes sources que s'adresserait un industriel russe s'il créait une industrie similaire ; car il prendrait plus ou moins modèle sur ce qui existe déjà dans le pays.

Le mouvement industriel dans le sud de la Russie n'a pas dit son dernier mot ; je le crois encore à sa naissance, car nous n'avons encore bien vu que le développement de l'industrie minière et de la grosse métallurgie. A côté d'elles, et leur empruntant les matières premières, il y a une foule d'autres industries à inaugurer et qui seront très rémunératrices si elles sont sagement comprises. Pourquoi l'industrie française n'y prendrait-elle pas sa place ?

On ne peut dire que nos Ingénieurs sont moins habiles que les Ingénieurs étrangers ; et les produits de nos usines sont au moins égaux et souvent supérieurs aux produits allemands, belges ou anglais.

Si nous ne pénétrons pas en Russie c'est bien, comme le dit M. Verstraete, parce que nous ne savons pas nous y faire connaître. La création de comptoirs techniques, de dépôts par des maisons étrangères, l'insistance qu'elles mettent à envoyer sur place des agents et des catalogues, sont certainement pour beaucoup dans le succès des industries allemandes, belges et anglaises. Et cela est encore bien compris par les Américains, car je viens de lire les lignes suivantes dans un journal étranger qui avertit ses compatriotes : « Pour faire écouler les produits américains et « surtout des machines en Russie, il s'est formé une Société « Russo-Américaine, sous la raison The Russian-American trading « Company. La Société a l'intention d'ouvrir des magasins et des « dépôts dans les principales villes de Russie et en Sibérie en « confiant la direction des affaires à des Ingénieurs compétents, « Elle a résolu d'organiser l'année prochaine (1899) à Moscou, « une exposition américaine et d'entretenir des communications « régulières entre New-York et les ports baltiques russes. » Ainsi de tous côtés on a mesuré l'importance du débouché russe et on s'apprête à l'exploiter. Pourquoi donc la France n'entrerait-elle pas en ligne ?

J'ajouterai pour renseignement, que les villes de Kharkoff et d'Ekaterinoslaw sont les centres d'affaires du bassin industriel du Donetz. Ekaterinoslaw, surtout, se développe tous les jours au point de vue industriel et commercial.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

ALEXANDRE GOTTSCHALK

ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

PAR

M. F. REYMOND

Les discours prononcés sur la tombe de Gottschalk devant la foule émue des amis que ni l'inclémence du temps, ni l'heure tardive n'avaient arrêtés; les allocutions dans lesquelles les éminents Présidents du Comité Consultatif et du Comité Technique des Chemins de fer, MM. Alfred Picard et Orsel, Inspecteurs généraux des Ponts et Chaussées et des Mines, ont si hautement reconnu ce qu'était l'homme et ce que fut son œuvre; enfin, l'ordre du jour du sympathique Directeur de l'École Centrale, exprimant « la douleur d'annoncer aux Élèves la mort d'un des » amis les plus dévoués de l'École... qui laisse aux anciens de » cuisants regrets et aux jeunes un exemple frappant de ce que » peuvent l'*honneur*, le *travail* et la *volonté;* » tous ces témoignages, venus de points si divers et rassemblés en un faisceau, eussent pu suffire à perpétuer dans nos bulletins la mémoire de notre ancien Président.

Le Président actuel, notre cher ami Loreau, a pensé qu'à cette œuvre déjà si complète, il fallait une préface et m'en a confié le soin J'obéis, tout en m'excusant, par avance, si je suis amené, malgré moi, dans le résumé chronologique qui est l'essence même d'une notice, à des redites inévitables.

Il semble, en effet, en relisant les paroles prononcées le 24 février dernier, sous le coup d'une douloureuse émotion, que tout a été dit : les dates elles-mêmes n'ont pas été oubliées par l'éloquent interprète de la Société des Ingénieurs Civils de France qui a su jalonner, en chiffres précis, les étapes principales de la vie de Gottschalk. En reproduisant, comme j'en ai l'obligation, ces dates que leur rapprochement et leur comparaison rendent parfois éloquentes, je chercherai à les entourer des éléments nouveaux que des amis éloignés et prévenus trop tard ont apportés depuis.

1834-1853. — Gottschalk, Alexandre, né à Saint-Pétersbourg, le 13 août 1834, de père Danois et de mère Française, vint à Paris dès 1843 et, après de brillantes études à Louis-le-Grand, entra en 1850 à l'École Centrale, d'où il sortit avec un premier diplôme en 1853.

Et déjà s'explique comment cet enfant de 9 ans, envoyé de Pétersbourg en France, avec du sang français dans les veines, par un père dont un de nos camarades de promotion, Guérin de Litteau, m'énumérait, hier encore, les qualités toutes françaises, a été amené, par l'éducation familiale de sès premières années, par l'accueil reçu à Paris et, enfin, par ses succès autant que par ses origines, à devenir le bon Français, le patriote ardent et éclairé que nous avons connu.

1854-1856. — Gottschalk, à 19 ans, débute au sortir de l'École comme Ingénieur à la Compagnie du Midi sous les ordres de MM. Flachat, Clapeyron et Lechatellier.

Dès l'année suivante, il reçoit une mission de 18 mois en Angleterre pour aller étudier, commander et recevoir les rails et appareils de la voie, système Brunel et Barlow, alors adopté aux chemins de fer du Midi.

Rentré en France en 1855, il est appelé à la Compagnie de l'Ouest par Flachat sous les ordres duquel il prend part, pendant deux ans, aux travaux de toutes sortes nécessités par la fusion en une seule grande Compagnie, des différents chemins de l'Ouest. Et c'est dans les relations quotidiennes nécessitées par cette œuvre de longue haleine qu'il faut chercher l'origine du culte voué par l'Élève au Maître; car si Flachat y trouva l'occasion d'apprécier les solides qualités de bon sens, de savoir et de droiture du jeune Ingénieur, celui-ci apprit à comprendre et à admirer, dans ses manifestations multiples, le génie de l'homme dont il a si ardemment voulu éterniser la mémoire par le bronze et par le marbre.

1857-1866. — En 1857, Gottschalk entre comme Ingénieur au service de la grande Société des Chemins de fer russes, entreprise internationale, d'essence française, qui avait un Comité de direction à Paris. Il y fut un des plus habiles auxiliaires de l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Collignon, Directeur général de l'entreprise, et parvint rapidement au grade d'Ingénieur en chef. C'est à titre d'Ingénieur en chef, faisant fonctions de Directeur de la construction, qu'il procédait, en août 1862, à

l'ouverture de la dernière section du chemin de fer de Moscou à Nijni-Novgorod.

De 1863 à 1866, il exerce les importantes fonctions de Directeur de l'entreprise dite de remonte (régie du matériel roulant) du chemin de fer Nicolas de Saint-Pétersbourg à Moscou, pour le compte de la maison Cail et de la Compagnie de Fives-Lille.

De la période des neuf années passées en Russie, les témoins contemporains de Gottschalk sont rares. Nous avons eu, toutefois, la bonne fortune d'en retrouver deux.

Le premier, M. Édouard Collignon, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, fils de l'éminent Directeur général de la grande Société des Chemins de fer russes, s'exprime ainsi dans une lettre qu'il adresse à un ami commun, notre Collègue Pontzen :

« Gottschalk est arrivé à Pétersbourg vers la fin de septembre » ou au commencement d'octobre 1857. Il avait alors 23 ans et » nous était recommandé par M. de l'Epée et par M. Baude, ad- » ministrateurs, à cette époque, de chemins de fer français. Il » fut attaché, dès lors, à la Direction générale et plus particu- » lièrement à la Direction des travaux, restant chargé, pendant » les cinq ans de notre séjour en Russie, du service central de la » voie et des bâtiments. C'est dans cette situation qu'il a été » appelé à préparer successivement les projets de toutes les gares, » de tous les bâtiments de l'exploitation des lignes de Péters- » bourg à Varsovie (avec embranchement sur Viezbolovo et la » frontière de Prusse), et de Moscou à Nijni-Novgorod sur une » longueur totale de 1 800 *km*....

» ... Nous avons quitté la Russie en 1862 et Gottschalk a con- » tinué à être attaché pendant quelque temps au service de la » grande Société qu'il a quittée pour passer au service de la trac- » tion sur le chemin de fer Nicolas, de Pétersbourg à Moscou » (600 *km*) où il est resté jusqu'à son départ pour l'Autriche; » ... c'est à cette période qu'il faut faire remonter ses études de » la traction et de la locomotive qui lui ont été utiles pour ses » services ultérieurs à la Südbahn et ailleurs. »

Un second témoin, Français et Membre de notre Société, qui se repose à Moscou d'une longue et brillante carrière industrielle parcourue en Russie, et dont les débuts se firent aux côtés de Gottschalk, M. Loutreuil, m'écrivait en apprenant sa mort :

« Je comprends les émotions violentes que la perte irréparable

» de cet ami aussi dévoué que sincère (car il ne connaissait pas
» les demi-mesures) vous a causées, car moi qui, depuis quarante-
» deux ans, n'ai cessé d'être témoin de son inépuisable bonté, de
» ses vues élevées et chevaleresques, de son ardeur patriotique
» à faire prévaloir et prédominer vis-à-vis des autres nations
» (russe, autrichienne, allemande et même américaine) tout ce
» qui était français ou d'inspiration française, je reste navré et
» accablé... »

1867-1878. — En 1867, Gottschalk, sous les auspices de Talabot et sur la proposition de Desgrange qui, connaissant sa valeur technique, l'a désigné pour lui succéder. Gottschalk est appelé à la haute situation de Directeur du matériel et de la traction des Chemins de fer du Sud de l'Autriche. Cette entreprise internationale formant partie intégrante des Chemins Lombards, était une œuvre de création française, et possède encore aujourd'hui un Comité siégeant à Paris.

Au trait touchant que notre Président rappelait sur la tombe de Gottschalk, on pourrait, grâce aux nombreux témoins qui l'ont vu à l'œuvre pendant les douze années passées en Autriche, en ajouter bien d'autres. Je n'en citerai qu'un parce qu'il peint, en même temps que son extrême générosité, un autre trait de son caractère, la ténacité irréductible dont quelques-uns lui ont fait un grief, mais pour laquelle ses intimes eurent toujours un sourire indulgent, car nul d'entre eux n'ignorait que cette ténacité était exclusivement au service d'un noble but à atteindre.

A la suite de réductions dans les dépenses obtenues par Gottschalk dans le service de la traction, et qui lui assuraient, aux termes de son contrat, une prime importante, une contestation s'éleva entre l'Administration et lui, à propos de la valeur à attribuer au florin dont le cours avait baissé depuis le jour du contrat. La différence n'était pas énorme; mais il s'agissait d'une question de principe; Gottschalk croyait à son droit et il le maintenait avec une âpreté qui émut le Conseil d'administration sans le faire céder. Gottschalk dut s'incliner. Mais il lui fallait une vengeance... ou tout au moins le dernier mot; et il l'eut! Dès le lendemain, il fit don aux Écoles des grands ateliers de Marburg instituées par la Compagnie, du *montant intégral* de ses primes, soit 30 000 francs!

Ses amis, Maire et Polonceau, dont nous tenons le fait, ne disent pas si les administrateurs lui en gardèrent rancune... en

tout cas, pas longtemps, car l'incident date des premières années de son entrée à la Compagnie, et nous avons dit qu'il y était resté douze ans.

Le réseau exploité avait, en y comprenant les traversées du Sommering et du Brenner, un développement de 2 237 *km* et le matériel que Gottschalk laissait, en partant, se composait de :

1 275 locomotives ;
3 353 voitures à voyageurs ;
25 927 wagons.

Une importante partie de ce matériel était fabriquée dans les grands ateliers de la Compagnie situés à Vienne et à Marbourg, et les économies que Gottschalk parvint à réaliser, tant dans sa construction que dans son utilisation, au service de la traction, étaient d'autant plus méritoires, que l'homme auquel il succédait Desgrange, était un des maîtres de cette spécialité et qu'on lui devait déjà d'importants progrès.

Dès 1864, Desgrange avait saisi le *Génie Civil Français* de la question, par l'envoi de notes sur l'exploitation de Sommering. Quand, trois ans après, Gottschalk fut mis à la tête du service, il n'abandonna pas l'heureuse idée de son prédécesseur et donna une plus grande extension à ces notices, dont l'intérêt augmenta par la mise en exploitation de la ligne du Brenner (1) qui, avec des déclivités de 25 *mm*, franchit, sur son parcours entre Insbrück et Bozen, un col des Alpes à la cote de 1 367 *m*.

Ce sont ces notices qui, publiées par Gottschalk dans les comptes rendus de la Société des Ingénieurs Civils, lui valurent, en 1876, la grande médaille d'or de la Société. L'attribution en fut faite par le Président de Dion, à la séance du 15 juin et, dès la séance suivante, le 6 juillet, le Président donnait lecture d'une lettre dans laquelle Gottschalk, avec une modestie dont on lui sut gré, remerciait la Société de l'honneur qui lui était fait et demandait la permission « d'en reporter la plus grande partie à « notre Collègue Desgrange qui est le véritable promoteur de « ce travail ».

1879-1880. — De retour en France, en 1878, Gottschalk est nommé, en 1879, Vice-Président et, en 1880, Président de la So-

(1) C'est pour cette ligne du Brenner, que Gottschalk créa un type de machines pour fortes rampes qui fut adopté sur la ligne du Mont-Cenis exploitée alors par le réseau italien de la même Compagnie, dite des Chemins Lombards.

ciété des Ingénieurs Civils. Notre Président Loreau a trop éloquemment rappelé la façon magistrale dont Gottschalk présida la Société pendant l'année 1880 et l'influence des discussions relatives au rachat des chemins de fer auxquelles il invita la Société et dont il contribua, par son intervention personnelle, à grandir l'intérêt, pour qu'il soit nécessaire que j'insiste sur ce point.

Je retiens toutefois la date du 25 novembre qui est celle du décret par lequel le Gouvernement témoigne de l'intérêt qu'il a pris à la discussion, en nommant celui qui l'a inspirée et dirigée, membre du Comité consultatif des chemins de fer. Ce fut la première porte ouverte aux Ingénieurs Civils à qui les Conseils du Gouvernement avaient été fermés jusque-là.

Gottschalk y est entré le premier; quelques-uns l'ont suivi, d'autres, espérons-le, y pénétreront plus nombreux.

Cette double nomination ne pouvait qu'accentuer le désir de Gottschalk d'être naturalisé Français. Gambetta qui l'avait en haute estime prêta tout son appui à une demande de naturalisation à titre exceptionnel qui fut suivie d'un décret d'admission à domicile daté du 21 décembre 1880.

En avril 1881, Gottschalk est nommé membre du Conseil de perfectionnement de l'École Centrale.

En janvier 1882, il est appelé par le ministre des Travaux publics au Comité de l'Exploitation technique des Chemins de fer.

Dans les allocutions adressées à leurs collègues par les présidents des deux Comités consultatif et technique des Chemins de fer, il ne pouvait être question d'énumérer les travaux accomplis par Gottschalk; il suffisait d'en rappeler, d'un mot, l'importance devant ceux qui en étaient, depuis dix-huit ans, les témoins.

C'est à titre de témoin qu'il me sera permis de chercher à combler cette lacune. Les nombreux amis de Gottschalk, étrangers aux travaux des Comités, ont le droit, aussi bien que les amis qui ont collaboré avec lui pendant dix-huit ans à la réglementation et à l'abaissement des tarifs de transports ou à la défense de la sécurité publique, de connaître, avec quelques détails, la part qu'il a prise à cette grande œuvre administrative :

En sa double qualité de membre des deux Comités susmentionnés, Gottschalk a pris part à un grand nombre de Commissions importantes nommées par le ministre des Travaux publics.

Parmi ces Commissions, on peut citer :

Pour le Comité Consultatif :

En 1881. — La Commission nommée pour l'étude de la convention internationale pour le transport des marchandises par chemins de fer, sous la présidence du sénateur George;

— La Commission pour l'examen des tarifs pour le transport des petits colis et des colis postaux;

— La Commission pour les délais de chargement et de déchargement des wagons et les heures d'ouverture et de fermeture des gares, dont Gottschalk fut le rapporteur.

1882-1883. — Commission d'enquête présidée par Félix Faure, alors député et membre du Comité consultatif, sur les tarifs et conditions de transport de diverses marchandises et, notamment, des cotons de tous les ports de la Manche et de la mer du Nord.

Cette Commission fut nommée à la suite d'un rapport important de Gottschalk, sur la concurrence du port d'Anvers contre celui du Havre, au point de vue des tarifs et conditions du transport des cotons bruts.

C'est à la suite de ce travail considérable que, sur la proposition de Félix Faure, président de la Commission d'enquête, Gottschalk fut proposé pour la croix d'Officier qui ne lui fut attribuée que sept ans après.

1884. — Commission générale des tarifs pour la réforme des tarifs de la Compagnie de l'Est. Cette Commission fonctionna du mois d'avril au mois d'août et tint plus de trente séances.

Octobre 1884 à mai 1885. — Commission pour la réforme des tarifs de la Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Dans ces deux Commissions, Gottschalk, chargé d'étudier tout spécialement la grande vitesse, fut rapporteur de la réforme des tarifs de grande vitesse des Compagnies de l'Est et de P.-L.-M.

Novembre 1885 à avril 1886. — Commission pour la réforme des tarifs de la Compagnie du Nord.

1885. — Commission d'étude pour le partage du trafic entre les lignes de la Compagnie P.-L.-M. et celle du Rhône au Mont-Cenis, dont Gottschalk fut rapporteur.

En dehors de ces travaux considérables qui sont étrangers à la besogne hebdomadaire du Comité, Gottschalk a été, dans l'accomplissement pendant dix-huit ans de cette besogne courante, plus de 300 fois rapporteur de questions moins importantes

et a assisté, à environ, 700 séances non compris celles des Commissions.

Le Président Alfred Picard a dit, entre autres éloges mérités s'adressant à l'homme autant qu'à l'Ingénieur, *avec quel soin minutieux il scrutait les questions* dont l'étude lui était confiée. Je n'ai pas à insister.

Au Comité de l'Exploitation technique, Gottschalk a pris part aux Commissions suivantes :

1883. — Commission nommée pour l'étude de la convention dite de Berne, pour l'unité technique des chemins de fer européens ;

— Commission d'examen de la loi relative à la sécurité publique dans les chemins de fer. — Étude sur l'unité de langage des signaux ;

— Commission d'enquête pour l'emplacement à donner à la gare du Midi, à Bordeaux ;

1886. — Commission chargée d'étudier les mesures à prendre pour augmenter la sécurité des voyageurs dans les trains de chemins de fer ;

1889. — Commission chargée d'étudier les améliorations à apporter dans les différentes gares de Paris pour la délivrance des bagages et le transport des voyageurs à domicile.

Pas plus que pour le Comité consultatif, nous ne pousserons jusqu'au bout cette nomenclature des travaux exceptionnels accomplis par Gottschalk au Comité technique. Nous nous bornerons à indiquer qu'en dehors de ces travaux de commission, Gottschalk a été rapporteur de nombreuses questions moins importantes et qu'il a pris part à près de 350 séances du Comité.

Le Président Orsel, en rappelant dans son allocution au Comité, *l'assiduité aux réunions, la droiture d'esprit, l'expérience et le travail* de Gottschalk, *aimé de tous et toujours écouté*, a bien voulu reconnaître en lui le *digne représentant de la grande association des Ingénieurs Civils*. Nous l'en remercions sincèrement.

Les distinctions qu'a values à Gottschalk la brillante carrière d'Ingénieur sont les suivantes :

Chevalier de l'Ordre russe de Sainte-Anne ;

Chevalier de la Couronne de fer d'Autriche à la suite de l'obtention du diplôme d'honneur à l'Exposition de Vienne de 1873 ;

Officier de l'ordre italien des Saints Maurice et Lazare pour étude et exécution des machines du Mont-Cenis ;

Médaille d'or de la Société des Ingénieurs Civils pour le meilleur mémoire de 1876 sur le service du matériel et de la traction des chemins en grandes rampes ;

Médaille d'or de collaborateur pour l'Exposition de la Compagnie des Chemins de fer du Sud de l'Autriche qui a obtenu le diplôme d'honneur à l'Exposition Universelle de 1878, à Paris ;

Chevalier de la Légion d'honneur depuis 1877 sur la proposition de Paulin Talabot ;

Officier de la Légion d'honneur par décret du 12 juillet 1890 sur la proposition du Président du Comité consultatif des Chemins de fer Alfred Picard.

Si, en écrivant ces lignes, déjà bien longues, j'ai passé sous silence les multiples travaux qui servirent d'aliment à l'infatigable activité de Gottschalk dès son retour à Paris, c'est qu'on en retrouve la trace fidèle dans les discours prononcés sur sa tombe.

Il serait notamment superflu de revenir sur la part prise par lui jusqu'à sa dernière heure, à l'administration des Chemins de fer de l'État. Les regrets si éloquemment exprimés par le directeur Metzger suffisent à le mettre en lumière.

Et, quant aux fonctions d'Ingénieur-conseil de la Banque de Paris et des Pays-Bas, d'Ingénieur-conseil de la Société des chemins de fer de l'État austro-hongrois, ou au rôle joué dans la fondation de la Société des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est, je ne les rappelle, après notre Président Loreau, que pour souligner avec lui, avec Chabrier, avec Trélat, ce que la nature généreuse et intelligemment active de Gottschalk savait tirer de ces situations et des relations qu'elles lui procuraient pour venir en aide aux jeunes et parfois aux vieux Ingénieurs sans emploi.

Si les murs de ce cabinet, où, après son année de présidence à l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale, Gottschalk avait gardé son jour de réception chaque semaine, pouvaient redire ce qu'ils ont entendu, reproduire ce qu'ils ont vu, on apprécierait mieux que par des discours l'importance de la tâche que s'était imposée Gottschalk.

« Il avait le culte de la justice », a dit excellemment Trélat, et c'est à ce sentiment profond, à cet instinct de sa belle âme qu'il obéissait toujours, soit qu'il fournit aux débutants ou aux meurtris de la vie des armes pour entreprendre ou pour reprendre la

lutte, soit qu'il sollicitât, pour de plus heureux, les justes récompenses trop longtemps attendues, soit qu'il cherchât à arracher à l'oubli la mémoire d'un maître vénéré. C'était pour lui la justice à rendre et il marchait droit au but.

C'est à ce sentiment de justice qu'il a obéi quand, en même temps que l'École qui fut son berceau et l'Association amicale des Ingénieurs issus comme lui de cette École, il a inscrit dans son testament la grande Société où tout Ingénieur français libre est admis, quelle que soit son origine, où l'initiative personnelle est en honneur et à laquelle il proposait pour devise en 1880, trois mots qui n'ont de valeur qu'avec et par la justice :

« Union, Travail et Liberté ».

La Société des Ingénieurs Civils de France, reconnaissante à Gottschalk, gardera pieusement son souvenir.

OBSÈQUES

DE

M. GOTTSCHALK

le 24 février 1898

DISCOURS

DE

M. LOREAU

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

Au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, je viens vous dire le vide profond, la douleur cruelle causés par la perte de celui que nous pleurons aujourd'hui.

Dans leur expression unanime, mes regrets semblent se multiplier d'eux-mêmes puisqu'ils s'adressent à la fois à l'Ingénieur émérite, à l'Administrateur habile, au Collègue toujours sage et précieux dans ses conseils, à l'ami sans cesse heureux de se dévouer sans réserve.

Philippe-Alexandre Gottschalk, né à Saint-Pétersbourg, le 13 août 1834, fut élevé au lycée Louis-le-Grand et sortit diplômé de l'Ecole Centrale en 1853.

Après quatre mois d'études pratiques, soit au chemin de fer du Midi, soit en mission en Angleterre, soit au chemin de fer de l'Ouest, sous la direction d'Eugène Flachat, le jeune Ingénieur repartit en Russie faire ses premières armes.

Pendant neuf années, de 1857 à 1866, nous le trouvons successivement Ingénieur ordinaire et Ingénieur en chef de la grande Compagnie des chemins de fer russes, puis Directeur du matériel et de la traction au chemin de fer Nicolas réunissant Saint-Pétersbourg à Moscou.

Alors c'est l'Autriche qui l'appelle et ayant en 1867 succédé à M. Desgrange comme Directeur du matériel et de la traction aux chemins de fer du Sud de l'Autriche, Gottschalk restera onze années à ce poste, se réjouissant de l'intérêt toujours croissant qu'offre l'étude de ces 2 000 kilomètres d'un réseau qui, avec ses

rampes du Sommering et du Brenner, passe à juste titre pour l'un des plus accidentés de l'Europe.

Il étudie le premier les locomotives à forte rampe dont le type devient si rapidement classique et, par l'importance de ses travaux comme par l'agrément de ses relations, il acquiert rapidement une réputation légitime.

La Société des Ingénieurs Civils de France reçoit de Gottschalk les communications les plus intéressantes en 1876, elle lui attribue sa médaille d'or. Dès son retour en France, elle l'appelle dans le Comité à la Vice-Présidence et, en 1880, à la Présidence.

Cette année 1880 a été l'une des plus prospères, une des plus fécondes en résultats que notre Société ait parcourues.

La grosse question du rachat général des chemins de fer par par l'État est mise à l'ordre du jour.

Les séances se succèdent animées, bien remplies, et sous l'impulsion de ce Président qui, souverainement maître de son sujet, le dirige avec une sûreté parfaite et, le moment venu, l'éclaire par les résumés les plus brillants.

Le Gouvernement a suivi avec un légitime intérêt cet imposant débat et, par un décret du 25 novembre 1880, Gottschalk est appelé à faire partie du Comité consultatif des chemins de fer.

De toutes parts, les témoignages de sympathie se multiplient. Successivement la Russie, l'Autriche, l'Italie, enverront à notre ami les croix de Sainte-Anne, de la Couronne de fer, des Saints Maurice et Lazare, la France le fera Chevalier, puis Officier de sa Légion d'honneur.

De tous côtés aussi, Gottschalk est recherché et son activité se multiple. Il est nommé Ingénieur-Conseil de la Banque de Paris et des Pays-Bas. Il est l'un des fondateurs de la Société des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est; devenu Ingénieur-Conseil de la Compagnie des chemins de fer autrichiens, il est appelé à Vienne pour discuter avec le Gouvernement de ce pays les conditions de la cession à la Hongrie d'une partie importante du réseau de la grande Compagnie des chemins de fer de l'État, et pour sa large part, il a permis de dire que dans toutes leurs missions, nos Ingénieurs se sont acquis l'estime universelle par le double mérite de leur grande honorabilité et de leur forte instruction.

Toujours partout, nous le retrouvons aimé, adoré de ceux qu'il dirige et commande, c'est qu'il a cette fermeté inséparable du caractère, d'élévation et de raison, il est profondément bon et il

pratique la reconnaissance, cette preuve d'un esprit de justice et d'une âme disposée à aimer.

Comment, parmi tant d'autres, ne pas citer ce trait recueilli hier de la bouche même de celui qu'il avait profondément touché? Gottschalk venait d'être nommé, à Vienne, à une situation brillante, à une Direction justement méritée. L'Ingénieur qui l'avait précédé à ce poste et qui était rentré en France prendre un repos mérité, est presque dès son retour victime d'un abus de confiance. Sa fortune laborieusement acquise est perdue. Il doit reprendre sa vie de fatigue et de travail. Gottschalk apprend la douloureuse nouvelle, voit les Administrateurs, leur fait accepter le rappel à son poste à lui du prédécesseur, de l'ami auquel il a succédé, et tout ainsi préparé, dit à celui que le malheur a frappé: Revenez, votre place d'hier vous est rendue. Je redeviendrai moi ce que j'étais, votre second, votre collaborateur dévoué et nous travaillerons ainsi pour réparer les injustices du sort.

L'ami refusa et (comme la reconnaissance attire de nouveaux bienfaits) sut, dans une voie différente, reconquérir bientôt une situation brillante, heureux de pouvoir redire le désintéressement, la noblesse de caractère de son ami.

Mais il faut nous séparer, mon cher Gottschalk, adieu au nom de notre Société dont vous étiez l'âme et laquelle vous avez voulu encore, après la mort, assurer une force nouvelle par votre legs, par votre bien généreux concours.

A la fin du discours qui terminait votre année de présidence, vous disiez: Ayons les uns pour les autres des sentiments de confraternité sincère, respectons même les divergences de nos opinions. Les plis de notre drapeau sont assez amples pour abriter tous ceux qui se rangeront avec confiance sous notre devise : « Union, Travail et Liberté ».

De la région des choses éternelles dans laquelle vous venez d'entrer, nous espérons que vous verrez toujours vos amis reconnaissants ayant répondu à votre appel et nombreux, solidement unis et serrés autour de ce drapeau que vous avez si vaillamment porté.

C'est au nom de ces amis, mon cher Gottschalk, que je vous redis et notre sincère reconnaissance et un dévoué et douloureux adieu!

DISCOURS

DE

M. F. REYMOND

Le testament par lequel l'ami que nous pleurons lègue au Directeur de l'École Centrale une importante somme en partie destinée à venir en aide aux élèves pauvres, a été écrit en 1892.

On s'est souvenu qu'à cette date je dirigeais l'École, et le Directeur actuel qui sera chargé de la répartition, mon successeur et ami Buquet, a pensé qu'il m'appartenait d'apporter, en son nom et au nom de l'École entière, avec des paroles de gratitude pour le généreux donateur, le pieux témoignage dû à sa mémoire.

C'est un honneur dont je sens tout le prix.

C'est en même temps une tâche qui me paraîtrait lourde, si les hauts fonctionnaires de l'État, dont il fut le collaborateur et l'ami, hier, M. Alfred Picard, parlant devant le Comité consultatif des Chemins de fer qu'il préside et à l'instant même M. Metzger, Directeur des Chemins de fer de l'État, dans le discours éloquent et ému que vous venez d'entendre, ne s'étaient chargés, comme le fera mardi prochain M. l'Inspecteur général Orsel devant le Comité technique des Chemins de fer, de rappeler les services rendus par Gottschalk au pays, et si, après moi, notre ami Loreau ne devait retracer les grandes lignes de cette vie d'Ingénieur commencée à dix-neuf ans et brusquement tranchée après quarante-cinq ans d'un incessant labeur.

L'École Centrale, au nom de laquelle on m'invite à parler, a le droit d'être fière des travaux accomplis par les Ingénieurs sortis de son sein, nourris de ses méthodes et de son enseignement. Chacun des rayons qui éclairent la vie d'un de ses enfants s'ajoute à sa propre auréole. Chaque pas nouveau fait par l'un d'eux sur la voie de la civilisation et du progrès est pour elle un pas en avant, un degré franchi... toujours plus loin, toujours plus haut!

Oui! elle a le droit d'être fière de celui qu'elle vient de perdre et nous tous issus de la même origine, nous partagions son légitime orgueil en écoutant tout à l'heure l'éloquente énumération des œuvres auxquelles Gottschalk a pris part et qui lui ont valu,

avec la fortune dont il faisait un généreux emploi, les honneurs et la considération dont il était digne.

Mais il est un autre sentiment que la mémoire de Gottschalk doit inspirer à l'École et à tous ses enfants, sentiment plus élevé que la fierté, plus noble que l'orgueil... la reconnaissance !

Et en faisant appel à ce sentiment, d'autant plus fort et vivace qu'il prend ses racines dans le cœur, je n'ai même pas en vue les derniers témoignages d'affection laissés à son École et à ses camarades sous forme de dons. J'invoque un passé déjà lointain où les titres à notre gratitude se succèdent et surabondent.

Dans cette âme d'élite, dès que les premières difficultés de la vie sont vaincues, la pensée qui s'implante et qui germe est pour l'École à laquelle il reporte le mérite de ses succès ; elle est aussi pour les camarades auxquels la fortune n'a pas encore souri. Et, à cet égard, je me borne à rappeler qu'il y a trente ans le nom de Gottschalk était déjà populaire parmi les camarades répartis sur tous les points du globe. On se racontait, en se retrouvant à Paris, à Londres, à Barcelone, à Madrid, à Florence ou à Rome, le chaleureux accueil dont on avait été l'objet à Vienne, au Brenner ou au Sommering.

A une époque où les principes de solidarité qui font la base de notre Association amicale n'avaient pas encore pénétré tous les esprits ni entièrement remplacé le « struggle for life » de nos aînés, c'était un réconfort et un exemple. Je ne prétends pas que l'exemple était unique, j'ai le droit de dire qu'il était rare et que tel qu'il fut donné, il ne contribua pas peu au mouvement d'amicale relation qui honore tant nos trente dernières années.

Et c'est là ce qui explique cette merveilleuse popularité qui, dès le retour de Gottschalk parmi nous, vers 1878, alors qu'il n'était encore Français que de cœur, le désignait pour la Vice-Présidence, puis pour la Présidence de la Société des Ingénieurs Civils et, un peu plus tard, pour la Présidence de notre belle Association amicale. Disons bien vite en passant, qu'avec la complicité de Gambetta qui l'appréciait à sa réelle et haute valeur, il ne tarda pas à réclamer et à obtenir ses lettres de naturalisation.

C'était le moment où le bail de la vieille École arrivait à son terme et il n'y avait pas de temps à perdre pour en édifier une nouvelle sur le terrain que la Ville de Paris avait consenti à céder à l'État. Construire n'était rien — et Denfert nous a montré comment on pouvait arriver à faire vite sans dépasser les prévisions des devis; — mais mettre d'accord, au préalable, les personnalités qui

avaient alors voix au chapitre, amener notre illustre grand maître Dumas à se plier à certaines exigences, à certaines visites politiques auxquelles son passé l'avait mal préparé, faire agir Gambetta sur les Ministres dont la signature était nécessaire et se faisait trop attendre et utiliser les relations et surexciter le bon vouloir des camarades plus rares au parlement à l'heure dont je parle qu'à l'heure présente, cela c'était quelque chose : et, j'ai pu l'apprécier, commo témoin quotidien du zèle que Gottschaik apporta au succès de l'œuvre. Le succès fut complet.

Entrer dans le détail de ce qui se passa alors serait trop long, mais j'ai le droit d'affirmer que si la nouvelle École a été construite en temps utile, si dès son inauguration, le principe fut admis qu'au lieu d'un sous-directeur étranger, l'École aurait désormais à sa tête un directeur, ancien élève diplômé de l'École Centrale, c'est à l'entrain de Gottschalk, à son ardeur communicative, à son intelligence des affaires et, par-dessus tout, à son amour infini pour l'École que nous en sommes redevables en grande partie.

Tel je l'ai vu là, tel je l'ai connu au Conseil de perfectionnement où son zèle éclairé ne s'est jamais démenti.

Aussi, il m'est bien doux, dans la grande douleur que je ressens d'avoir été choisi comme interprète des sentiments de gratitude que notre chère École ne cessera de lui garder.

Je croirais empiéter sur ce que vont dire les amis qui parleront après moi de Gottschalk si je dépeignais aussi complètement que j'ai appris à les connaître, la finesse et la distinction de son esprit, son solide savoir, la fermeté et la droiture de son caractère, sa largeur de vue, sa tendresse pour les faibles, son dévouement à ses amis et, planant sur le tout, son inépuisable bonté.

Je m'arrête.

Au nom de sa seconde famille, j'adresse à la famille de Gottschalk l'hommage de notre profonde douleur, j'adresse au cher disparu avec nos remerciements fraternels, l'assurance que son souvenir reste vivant parmi nous.

Ami, au revoir !

DISCOURS

DE

M. Émile TRÉLAT

La vie de celui que nous pleurons ici ne fut pas seulement une brillante carrière de travailleur ; Gottschalk ne fut pas qu'un Ingénieur habile, un administrateur clairvoyant, un conseil avisé. L'ample manteau qui lui faisait ses mérites, laissait mal voir les précieux dons qu'il avait reçus de la nature et les vertus supérieures qu'il cultivait en lui.

Dans ses œuvres, on l'observait indépendant, ferme et résolu. Le monde connaissait la fine délicatesse de ses procédés et la haute dignité de sa tenue. Ses amis seuls ont pénétré l'infinie bonté qui emplissait son cœur et la générosité silencieuse qui commandait ses actes. Il n'en est pas parmi nous qui n'ait en mémoire quelques-uns de ces bienfaits spontanément accomplis au-dessus des calculs ou des consignes de l'égoïsme.

C'était merveille, Messieurs, de suivre notre cher ami dans les multiples campagnes qu'il engageait ainsi et de voir quel dévouement et quelle abnégation il y dépensait. Il n'attendait pas les occasions pour agir. Ses nobles émotions les pressentaient, sa fertile bonté les faisait naître. Une fois le bienfait conçu, il ne reconnaissait pas aux difficultés le pouvoir de l'arrêter. S'il se sentait impuissant dans l'isolement, il cherchait des alliés. Il fallait voir alors ce que peut l'opiniâtreté d'une âme libre et avec quelle vaillance il formait son bataillon. Une des plus récentes, des plus importantes et des plus difficiles bonnes œuvres de Gottschalk est le monument érigé à la mémoire de Flachat. Hélas ! hélas ! ce monument sera inauguré prochainement et nous ne pourrons pas témoigner notre reconnaissance à celui qui en a été le véritable père.

Cher Gottschalk, vous partez, et nous restons accablés dans les larmes. C'est que le vide que vous laissez est immense. On a bien parlé de vos mérites. J'ai voulu, moi, rappeler le trait saillant de votre belle âme. J'ai été insuffisant et incomplet. Comment, au moins, ne placerai-je pas ici, comme dernier adieu, ce qui fut le trait saillant de votre caractère. Vous avez eu le culte

de la Justice. Vous avez servi la Justice courageusement, sans défaillance. Vous avez rudement et sans répit combattu ceux qui l'offensaient. Cela fut le grand souci de votre vie. Nous avons compris plus d'une fois que vous aviez la noble fierté et nous la mêlons précieusement dans notre deuil à la mémoire de votre vie exemplaire.

DISCOURS

DE

M. E. CHABRIER

MESSIEURS, MES CHERS CAMARADES

La mort nous frappe bien cruellement aujourd'hui ! Dans cette seule matinée nous avons à rendre les derniers devoirs à deux de nos meilleurs et plus honorés Camarades. Notre président de l'Association amicale, Du Bousquet, obligé de conduire le deuil de son collaborateur au Chemin de fer du Nord, notre vénéré Camarade Bricogne, a dû, à son bien grand regret, renoncer à la place qui lui était assignée ici. C'est à cette triste circonstance que je dois l'honneur de le suppléer, comme doyen des anciens présidents de l'Association.

Gottschalk, Messieurs, aimait l'École Centrale avec passion, et ce sentiment il le reportait sur l'Association amicale qu'il regardait comme la glorification de l'École.

A peine installé à Vienne dans la haute position que vous savez, il acceptait le titre de correspondant du Comité et, dès l'année suivante, il fondait le groupe austro-hongrois.

Dès sa rentrée à Paris, il est appelé à faire partie du Comité, et sur nos instances à tous, il accepte la vice-présidence, puis la présidence dans l'année 1881-1882. Quel tact et quelle habileté il a déployés là !

La grande préoccupation de Gottschalk était le placement et surtout de voir nos Camarades occuper les positions les plus élevées dans l'industrie.

Certes il ne dédaignait pas le coté d'assistance mutuelle de notre Association, et les Camarades malheureux qui ont eu recours à lui pourraient attester sa générosité; mais le place-

ment restait son plus grand souci. Que de fois nous lui avons entendu déplorer l'insuffisance de l'éducation des jeunes Français au point de vue des langues, parce que les plus belles positions qui lui étaient proposées étaient à l'étranger !

Son ardeur pour rendre service était infatigable, et il trouvait moyen d'avoir accès partout où il fallait pour cela.

Gottschalk avait au plus haut degré la vénération de la mémoire de ses maîtres. On sait avec quelle persistance il a poursuivi la réalisation d'un vœu souvent émis entre nous, celui de voir signaler aux populations, sous forme d'un monument public, les services rendus par des Ingénieurs éminents. C'est à lui que sera dû le premier monument de ce genre, celui élevé, sur une des places de Paris, à Eugène Flachat, son maître, et celui de beaucoup d'entre nous. Ce monument, la Société des Ingenieurs Civils de France en a accepté le patronage et elle va l'inaugurer dans quelques jours en célébrant le cinquantième anniversaire de sa fondation en 1848, à laquelle Eugène Flachat a tant contribué.

Et Gottschalk ne sera pas là !

Adieu, ami Gottschalk, au nom de tous les membres de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale, au nom des anciens présidents qui garderont toujours le souvenir de ton grand et noble cœur... adieu.

DISCOURS

DE

M. METZGER

DIRECTEUR DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT

Le réseau de l'État vient de perdre un de ses meilleurs conseillers.

Lorsque Gottschalk fut nommé au Conseil du réseau, il y arrivait précédé par sa réputation d'ingénieur, rompu à toutes les questions que soulèvent l'exploitation et l'administration des chemins de fer ; aussi, bien qu'il ne fût personnellement connu que d'un petit nombre de ses Collègues, il devait prendre rapidement parmi eux une situation exceptionnelle.

Le cerveau clair, les yeux limpides et droits, d'une bienveil-

lance inépuisable, il avait à un très haut degré cette attirance spéciale que donnent l'intelligence, la franchise et la bonté.

Quand Gottschalk exposait une affaire avec ce parler un peu lent qui lui était familier, il avait vite fait de conquérir et de convaincre ses auditeurs ; il ne se perdait pas dans les détails, il savait choisir les points intéressants, les arguments les plus saillants et les éclairait des vives lueurs de son intelligence, si bien que les questions les plus ardues, les plus techniques, paraissaient toutes faciles. Ses méthodes de démonstration étaient d'un simpliste, mais d'un simpliste de haute envergure qui a beaucoup étudié et beaucoup approfondi. Son expérience consommée de quarante années de chemin de fer nous était d'un précieux concours.

C'était lui que ses Collègues désignaient pour traiter les questions importantes, bien que sa modestie protestât contre ce choix. Il a examiné et rapporté au Conseil, avec une compétence indiscutable, tous nos projets de matériel et nos marchés les plus importants.

Entré sur le tard au Réseau de l'État, il s'était pris pour lui d'une vive sympathie. Ses contacts fréquents avec les chefs de service, les discussions du Conseil, lui avaient montré quelle passion du bien public animait tous ses collaborateurs ; aussi, était-il devenu l'un des défenseurs du réseau de l'État et nous étions fiers de cette nouvelle recrue.

Jusqu'à ses derniers moments, il n'a cessé de se préoccuper des intérêts du réseau : au commencement de ce mois, quand, pour la première fois, la maladie lui interdit de venir au Conseil, il nous envoya un de ces rapports sobres, précis et lumineux, comme il savait les faire et dont les conclusions furent adoptées par ses Collègues sans discussion. Samedi dernier, la veille de sa mort, le pauvre ami trouvait encore la force de nous écrire deux lignes pour nous prévenir qu'il n'assisterait pas à la séance du mardi. Hélas ! il disait vrai. En échange de tant de service, en récompense de cet infatigable dévouement, nous ne pouvions lui offrir que notre affection, nous ne pouvons que lui consacrer nos regrets. Puissent-ils adoucir un peu le chagrin que sa perte a causé à sa famille et à ses amis.

Au nom du Réseau de l'État, au nom du Conseil, Gottschalk, je vous dis adieu ; nous ne vous oublierons jamais.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

COMITÉ CONSULTATIF DES CHEMINS DE FER

HOMMAGE

A LA MÉMOIRE DE

M. A. GOTTSCHALK

MEMBRE DU COMITÉ

Le 28 février 1898

ALLOCUTION

DE

M. A. PICARD

VICE-PRÉSIDENT DU COMITÉ CONSULTATIF

MESSIEURS,

C'est avec une émotion profonde que nous avons appris le nouveau deuil dont est frappé le Comité consultatif des chemins de fer.

Après Chabrol, après Leblanc, après Chauchat, après Dietz-Monnin, voici M. Gottschalk qui disparaît à son tour.

Ainsi se multiplient les vides dans la phalange des vétérans du Comité. Non contente de nous décimer, la mort semble choisir ses victimes et s'acharner sur les meilleurs, sur ceux dont l'expérience, le talent et l'autorité honorent le plus cette assemblée.

Je ne tenterai pas de retracer aujourd'hui l'œuvre de notre cher et très regretté Collègue. Elle est trop considérable pour se résumer en quelques mots. Qu'il me soit permis seulement de rappeler sa brillante participation à la réforme générale des tarifs.

Sans être un théoricien attaché aux formules étroites, rigoureuses, abstraites, M. Gottschalk n'en défendait pas moins la cause des simplifications compatibles avec les nécessités de la pratique. Mêlé pendant longtemps à l'exploitation des voies fer-

rées, hier encore administrateur du réseau d'État, il savait que la complication excessive des taxes, loin de s'imposer dans l'intérêt de l'agriculture, de l'industrie et du commerce, engendre fatalement des injustices et des inégalités intolérables. Il était imbu des sages principes qui ont fait et continueront à faire la force du Comité.

Ayant la conscience et le sentiment le plus élevé de ses devoirs, il scrutait les questions avec un soin minutieux. Aucun détail ne lui échappait.

La douceur, la bienveillance et la courtoisie dont il ne se départissait jamais imprimaient un charme particulier à ses écrits comme à ses paroles.

Il était aussi, et ce ne fut pas son moindre mérite, un ami sûr, serviable et dévoué. Combien d'entre nous ont senti leurs yeux se mouiller de larmes à l'annonce de la triste nouvelle!

Tant que le mal n'a pas irrévocablement terrassé notre Collègue, nous l'avons vu fidèle à nos séances. Mais si l'intelligence demeurait intacte, le corps n'était plus que l'ombre de lui-même. Quiconque l'observait ne pouvait se défendre d'un funeste pressentiment.

Le dénouement est venu plus vite encore que nous le supposions.

Au moment où M. Gottschalk nous quitte pour toujours, je tiens à saluer en votre nom sa mémoire : c'est celle d'un homme de bien, d'un homme de cœur dans la plus haute acception du terme.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

COMITÉ DE L'EXPLOITATION TECHNIQUE DES CHEMINS DE FER

ALLOCUTION

DE

M. E. ORSEL

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES
VICE-PRÉSIDENT DU COMITÉ

Séance du 1er mars 1898

MES CHERS COLLÈGUES,

Depuis notre dernière séance, nous avons perdu l'un des Membres les plus distingués et les plus sympathiques du Comité de l'exploitation technique des chemins de fer.

Assidu à nos réunions, toujours prêt à donner son concours alors même qu'il était déjà gravement atteint par la maladie, d'un esprit droit, avec l'expérience et le savoir, M. Gottschalk était au milieu de nous un digne représentant de la grande Association des Ingénieurs Civils.

Aimé de tous, il était toujours écouté.

Il ne m'appartient pas de rappeler les études et les travaux considérables de M. Gottschalk non plus que les services éminents qu'il a rendus dans les hautes situations qu'il a occupées. Je tiens surtout à exprimer les sentiments du Comité où son absence fera un vide réel et où son souvenir restera.

Il trouvera, j'en ai la confiance, dans une vie meilleure, la récompense que Dieu réserve à ceux qui consacrent leur existence au devoir, à l'homme, au travail.

L'occasion m'a fait défaut de prononcer sur sa tombe un suprême adieu en notre nom à tous, au moins nos archives conserveront-elles dans le procès-verbal de cette séance la mention de nos regrets et de notre profonde estime pour notre Collègue.

Le Comité a décidé à l'unanimité que cette allocution serait insérée au procès-verbal de la séance et qu'une expédition en serait transmise à la famille du regretté M. Gottschalk.

DISCOURS PRONONCÉ AUX OBSÈQUES

DE

M. CHARLES BRICOGNE

PAR

M. G. DU BOUSQUET

ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

MESSIEURS,

Je prends la parole, avec une véritable émotion, pour retracer la carrière du dernier survivant de cette pléiade d'Ingénieurs éminents qui, sous la haute direction de l'illustre baron James de Rothschild, fondèrent la Compagnie des Chemins de fer du Nord.

Charles Bricogne, que nous conduisons aujourd'hui à sa dernière demeure, était né à Paris, le 17 mai 1816. Il fit ses études d'Ingénieur à l'École Centrale d'où il sortit en 1837.

Il s'occupa d'hydraulique jusqu'en 1841, époque à laquelle il entra au Chemin de fer de la rive gauche. Il s'y trouvait, en 1842, lors de l'épouvantable accident de Versailles dans lequel Dumont-d'Urville perdit la vie, et devait même accompagner le train; il reçut contre-ordre au dernier moment, et celui qui le remplaça périt avec tant d'autres. En cette circonstance, il donna la mesure de l'énergie de son caractère; aussi le premier soin de Petiet, nommé Ingénieur du matériel, chef de l'exploitation du Chemin de fer du Nord, fut-il d'appeler à ses cotés Ch. Bricogne.

Il entra au Nord, le 20 octobre 1845, juste un mois avant la Constitution officielle de la Compagnie. Il appartint donc à cette grande entreprise avant même qu'elle eût une existence légale; il assista à ses premiers pas lorsque, le 14 juin 1846, les princes français et les ministres inaugurèrent le petit réseau de 335 kilomètres qui, 50 ans plus tard, en comptait 3 745.

Ch. Bricogne avait été mis, par Petiet, à la tête du matériel roulant, avec le titre d'Ingénieur, inspecteur principal du matériel.

Pendant cinquante-trois ans il a conservé ces fonctions sous des titres différents, les voyant d'année en année se compliquer et s'étendre jusqu'à constituer l'important service qu'il dirigeait encore au moment où la mort l'a pris.

C'est là, Messieurs, un fait rare.

Dans la carrière d'Ingénieur de chemin de fer, l'avancement va d'ordinaire avec les changements de fonctions, et le couronnement de la partie de l'édifice qui vous a été primitivement confié, ne peut se faire, faute de temps. Il ne manqua pas à Ch. Bricogne et il sut le mettre à profit.

Lorsqu'il entra au Nord, notre Compagnie ne possédait en propre, ni une voiture, ni un wagon. Son seul matériel était celui de la ligne de Lille à la frontière, récemment construite par l'État et sur laquelle Ch. Thouin, un ouvrier de la première heure, lui aussi, qui nous quittait il y a trois mois, venait de faire ses premières armes, sous la direction d'Alfred Nozo.

En 1848, deux ans après, le matériel du Nord comprenait 3136 véhicules; il s'élève aujourd'hui à 62 000. C'est l'œuvre à laquelle Ch. Bricogne a consacré sa vie, sous la haute direction de Petiet et de ses successeurs.

Pour apprécier cette œuvre à sa juste valeur, il faut songer à tout ce qu'elle comporte : outillage à créer et à perfectionner, ateliers à construire, personnel à organiser et à diriger, et quand on arrête sa pensée sur cet ensemble, on éprouve vraiment un sentiment de respect pour l'homme qui, dans sa laborieuse existence, a accompli une tâche de cette ampleur.

Dans toutes études auxquelles a donné lieu la création du matériel, on retrouve ces idées maîtresses : avoir un matériel homogène; réduire au minimum le nombre des types de pièces, assurer leur interchangeabilité complète et par là même restreindre les approvisionnements, la dépense d'entretien et la durée des réparations.

Je sais maintenir pendant 40 ans les mêmes cotes à une pièce, disait Ch. Bricogne, et il avait raison, car il se rendait compte des dépenses qu'entraîne le moindre changement quand il faut le répéter cent mille fois.

Malgré cette tendance qui, maintenue dans les sages limites, est la base d'une bonne administration, quoique l'objet de faciles critiques, Ch. Bricogne admettait volontiers l'impérieuse loi du progrès, mais il voulait le progrès sage, réfléchi, et n'acceptait de changement qu'à bon escient.

Cette circonspection ne l'empêcha pas de faire nombre d'inventions utiles et raisonnées : la plus importante est, sans contredit, son frein à contrepoids, breveté en 1855.

Constamment armé, déclenché au moment opportun, ce frein permet d'éviter toute perte de temps dans la mise en prise des

sabots. En même temps le frein du fourgon de tête fut mis par ce déclenchement à la main du mécanicien. Ainsi se trouva réalisée, dès cette époque, cette idée si juste et, depuis, si formellement consacrée par le progrès, que les freins doivent être dans la main de celui qui voit le danger.

Cette invention lui valut, à l'Exposition universelle de 1855, la croix de chevalier de la Légion d'honneur, récompense justement méritée, car Bricogne avait fait faire ainsi un grand pas dans la voie de la sécurité, et par suite, dans celle de l'accroissement de la vitesse. Rappelons ici que, dès cette époque, le Nord fut autorisé à atteindre des vitesses de 120 kilomètres à l'heure.

C'était à cette époque un progrès considérable, car si, faute de puissance, nos machines Crampton ne gravissaient pas les rampes aux vitesses actuelles, elles descendaient les pentes avec leur train léger aussi vite qu'aujourd'hui, et c'est grâce à la puissance des freins que nous possédions qu'elles pouvaient le faire sans danger.

Si les freins assurent la sécurité du voyageur, une bonne suspension lui garantit le confort. Ch. Bricogne le comprit dès l'origine et il s'attacha, en isolant la caisse du châssis, à la rendre moins sonore et à éviter les trépidations si désagréables des freins, les réactions de la voie, etc. la double suspension qu'il appliqua à tout notre matériel de trains rapides répond à ces desiderata. Elle exige, il est vrai, de nombreux et judicieux réglages, mais ce sont des inconvénients par-dessus lesquels on doit savoir passer, en raison de l'importance des résultats.

Dans le même ordre d'idées, Ch. Bricogne étudia minutieusement l'équilibrage des roues montées sur le même essieu. Tout balourd sur les roues occasionne, en effet, dans la marche des véhicules, des perturbations analogues à celles que produit sur la locomotive la marche des pièces animées de mouvements alternatifs.

Ces exemples suffisent pour montrer l'ingéniosité de Ch. Bricogne.

Il prouva encore qu'il était un homme de progrès en recherchant constamment l'amélioration de l'hygiène des travailleurs.

Vous connaissez tous ces installations pneumatiques qui enlèvent, sous l'outil lui-même, la sciure, les poussières qu'il produit, les projettent dans une canalisation spéciale et évitent ainsi qu'elles ne soient respirées par les ouvriers ; cette machine à battre les tapis et les coussins qui exécute, comme en vase clos

les nettoyages malsains, et, enfin, ces masques respirateurs étudiés avec le Dr Detourbe qui, portés par les ouvriers chargés de la manipulation des matières malsaines, les mettent à l'abri des maladies dont, sans eux, ils aspireraient les germes.

Sa sollicitude s'étendait aussi à l'enfant, en qui il voyait le futur ouvrier, et lorsque la Compagnie installa, en rase campagne, à Tergnier, ses grands ateliers, Ch. Bricogne créa, pour les fils de ses ouvriers, des ateliers d'apprentis, auxquels il adjoignit des cours du soir. Il en fit autant à Hellemmes et à Amiens, cherchant toujours à s'attacher l'ouvrier jeune et le conservant jusqu'à l'extrême limite.

Les ouvriers ayant trente à quarante ans de services, ne sont pas rares dans nos ateliers du matériel roulant; il y en a même quelques-uns qui ont jusqu'à cinquante ans de services, presque autant que leur chef!

Mais Ch. Bricogne ne se cantonnait pas uniquement dans ses fonctions à la Compagnie. Il était vice-président de l'Association des Industriels contre les accidents du travail, contribuant ainsi à répandre dans l'industrie les idées de protection des ouvriers contre les risques professionnels.

Depuis plusieurs années, il était président du Conseil d'administration du journal *le Génie civil*. Il s'occupait avec beaucoup de zèle et de dévouement de cette importante publication, au développement de laquelle il a contribué pour une large part, et dont le succès toujours grandissant a été une des plus grandes satisfactions de la fin de son existence si bien remplie.

La Société des Ingénieurs civils de France, fondée en 1848, le compte au nombre de ses fondateurs.

Il faisait partie aussi, depuis l'origine, de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale. Vous permettrez bien, Messieurs, au Président de cette Association, de vous dire, en cette circonstance solennelle, que notre École, qui a fourni à la Compagnie du Nord le plus grand nombre des Ingénieurs de la première génération: Petiet, Nozo, Chobrznyki, Félix et Ferdinand Mathias, Thouin, Bricogne, d'autres encore, en éprouve le plus légitime orgueil.

Messieurs, j'ai rappelé brièvement la carrière de l'Ingénieur, mais je dois aussi vous parler de l'homme, car, en vérité, au siècle où nous vivons, c'est une figure rare qui disparaît.

Quoi de plus digne d'admiration que cette simplicité antique chez un homme riche par sa naissance, par ses alliances, par la

haute situation qu'il occupait ! Pas de besoins, pas d'orgueil, pas de morgue, rien que le désir de bien faire et la satisfaction du devoir accompli !

Il incarnait vraiment la tradition, l'âge héroïque des chemins de fer, et c'est la réflexion que nous nous faisions quand nous le voyions circuler dans ses ateliers, légèrement penché en avant, mais ferme et actif, travaillant encore comme un jeune homme, et toujours enjoué à quatre-vingt-deux ans.

Les sentiments d'affection que lui avait voués son nombreux personnel, apparurent clairement dans une cérémonie touchante quand, le 29 octobre 1895, nous célébrâmes le cinquantenaire de son entrée à la Compagnie.

A cette belle vie il fallait une belle mort. Dieu l'a accordé à Ch. Bricogne en l'appelant à lui quand il était encore dans la plénitude de ses facultés, et en pleine santé.

Il nous a quittés, tout d'une pièce, sans connaître les douleurs de la déchéance physique et morale. Frappé en pleine activité, il n'a pas eu l'amertume de se survivre.

Cette pensée sera certainement une grande consolation pour sa famille qui le pleure.

Quant à nous, Messieurs, nous conserverons dans notre cœur le souvenir de cet homme de bien, de cet Ingénieur distingué, qui resta pendant cinquante-trois ans à la tête du service qu'il avait vu naître, donnant l'exemple de toutes les vertus.

PAROLES PRONONCÉES AUX OBSÈQUES

DE

M. Ernest BARIL

ARCHITECTE DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE DES OMNIBUS

PAR

M. R. SOREAU

SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ

MESSIEURS,

Au nom de la Société des Ingénieurs civils de France, j'ai le douloureux devoir de rendre le suprême hommage au Collègue qui n'est plus.

Ce n'est pas à moi qu'il appartient de retracer sa carrière d'Architecte, d'évoquer ses nombreux travaux, de rappeler les bons et loyaux services que, pendant trente années, il a rendus à la Compagnie générale des Omnibus, et par conséquent au public parisien. Mais je dois mettre en relief une caractéristique de son talent : chez Ernest Baril, l'originalité nécessaire à la conception des constructions très spéciales dont il fut chargé a toujours été servie par le souci d'utiliser les puissantes ressources de la mécanique. Cette préoccupation constante lui valut un diplôme d'honneur à l'Exposition des Sciences appliquées à l'Industrie; elle fit que son œuvre tient et de l'Architecte et de l'Ingénieur.

Aussi, dès 1879, — peu de temps après son admission à la Société Centrale des Architectes, — il entrait dans notre famille où ses travaux avaient marqué sa place. Et lorsqu'à la dernière Exposition universelle nous reçûmes nos Collègues d'Amérique, une de nos visites fut réservée aux écuries superposées et aux ingénieux silos qu'il avait édifiés boulevard Bourdon.

Depuis plusieurs années, la maladie le tenait éloigné de nos réunions. Elle vient de le terrasser, après une lutte inclémente. Devant sa tombe ouverte, je lui adresse notre dernier et sympathique adieu; je prie sa famille en larmes, je prie son fils ainé, héritier des traditions paternelles, d'agréer les condoléances respectueuses de la Société des Ingénieurs civils de France.

CHRONIQUE

N° 219

Sommaire. — La fabrique de locomotives de Wiener-Neustadt. — État actuel du Transsibérien. — Les machines à vapeur en Prusse. — Le viaduc de Müngsten. — Transmissions électriques pour filatures.

La fabrique de locomotives de Wiener-Neustadt. — A l'occasion de l'achèvement de la 4.000e machine sortie de ses ateliers, la fabrique de locomotives précédemment G. Sigl, à Wiener-Neustadt, une des plus anciennes de l'Europe, a fait paraître une notice rappelant les diverses phases de son développement et illustrant les types de locomotives créées ou construites par elle. Nous donnons ici un résumé succinct de cette belle publication dont la Société doit l'envoi à l'obligeance du directeur actuel, M. F. Fehringer.

Le 28 février 1842 une association fut constituée entre quelques personnes dont faisaient partie W. Günther, Ingénieur du chemin de fer de Vienne à Raab, et H. Bühler, représentant en Autriche de la fabrique de locomotives de Norris à Philadelphie, en vue de la création à Wiener-Neustadt d'un atelier pour la construction des locomotives.

On loua dans cette localité une petite usine avec moteur hydraulique, qui, créée pour la fabrication de la ouate, avait ensuite fonctionné comme manufacture d'armes; un fait curieux est qu'à l'heure qu'il est la fabrique est encore désignée dans le langage populaire par une expression dont l'équivalent français serait l'atelier des meules.

Le prix de location était de 8 288 florins, monnaie de convention, et le capital fourni pour soutenir l'entreprise des plus modérés, de sorte que l'affaire débuta dans des conditions très modestes. Il faut dire que l'emplacement choisi était très avantageux, en raison de sa proximité de la ville et du chemin de fer et de la facilité qu'on trouvait à pouvoir s'agrandir au besoin.

C'est dans ces conditions que s'est créée une des plus anciennes et des plus importantes fabriques de locomotives du continent.

Les premières lignes autrichiennes établies en 1838 et 1839 avaient acheté leurs locomotives partie en Angleterre, partie aux États-Unis et la nouvelle Société dut prendre pour modèle une des machines importées de ce dernier pays en 1838 pour le compte du baron Sina et construite par W. Norris à Philadelphie. Il en fut fait 6 sur ce modèle. Il faut dire qu'on ne faisait encore à Wiener-Neustadt que l'ajustage et le montage; la chaudronnerie, les ouvrages en cuivre, les pièces de fonte et les pièces de forge provenaient du dehors. Les machines dont nous parlons étaient à trois essieux, dont deux formant bogie à l'avant et l'autre, moteur, en avant du foyer, actionné par deux cylindres extérieurs très inclinés, placés de chaque côté de la boîte à fumée; le foyer était en forme de cylindre vertical avec dôme en calotte.

Après ces machines, il en fut fait deux autres pour le chemin de fer du Nord Empereur Ferdinand, lesquelles, à cause de leurs dimensions, relativement considérables pour l'époque, reçurent les noms un peu ambitieux de l'Eléphant et le Colosse ; ces machines avaient une disposition assez bizarre. Elles avaient trois essieux, un porteur à l'avant, un essieu accouplé très rapproché de celui-ci et un essieu moteur très écarté du précédent en avant du foyer; les cylindres étaient extérieurs et très inclinés; la chaudière avait la même disposition que celle des machines précédentes, avec un dôme supplémentaire sur l'avant du corps cylindrique et une cheminée américaine en tromblon. Ces 8 machines furent construites de 1842 à 1844.

Il est à remarquer qu'à cette époque la nouvelle fabrique avait à subir non seulement la concurrence des constructeurs anglais et américains, mais encore celle des ateliers allemands récemment créés, notamment celui de Borsig, à Berlin. Elle obtint toutefois la commande de 12 locomotives pour le chemin de fer du Nord (Brünn à Prague) et de 10 pour le chemin de fer Empereur Ferdinand. La construction de ces locomotives occupa les années 1845 à 1847, puis vinrent des commandes du gouvernement autrichien, notamment pour les lignes de la Lombardie et de la Vénétie, de sorte qu'à la fin de l'année 1851, le nombre des locomotives déjà construites s'élevait à 72, soit une moyenne d'un peu plus de 7 locomotives par an, chiffre assurément bien modeste.

En 1850, fut ouvert, comme on sait, par le gouvernement autrichien, un concours pour le meilleur type de locomotives à employer pour le chemin de fer du Semmering. La fabrique de Wiener-Neustadt construisit pour ce concours une machine portant ce nom, laquelle obtint le second prix. C'était une locomotive-tender portée sur deux bogies moteurs à quatre roues, avec chaudière ordinaire. La surface de grille était de $1{,}7 m^2$; la surface de chauffe de 167 et le poids avec approvisionnements complets de $64 t$. Cette machine est le point de départ du type Meyer dont un spécimen avec six essieux était exposé vingt ans plus tard, à Vienne, en 1872.

De 1852 à 1854, les ateliers de Wiener-Neustadt construisirent beaucoup de machines, notamment, pour les lignes du Sud de l'Autriche, 56 locomotives à quatre roues couplées et un essieu porteur à l'avant; ces machines coûtaient avec les tenders 22 700 florins, monnaie de convention, pour un poids de $22{,}4 t$ à vide, ce qui fait 101,7 kreuzers le kilogramme. Aujourd'hui, des machines infiniment plus compliquées se payent de 65 à 70 kreuzers le kilogramme.

A cette époque, on eut l'idée de transformer pour la traction mécanique la première ligne à voie étroite, 1,106 *m*, construite en Autriche, celle de Linz-Budweiser, établie pour traction par chevaux. A cause des nombreuses courbes de petit rayon, il fallait des machines d'un type spécial. Günther construisit 10 machines à voyageurs à deux essieux accouplés et un avant-train américain à deux essieux et 4 machines à marchandises avec trois essieux accouplés et un essieu Bissel à l'arrière. Une des premières fut, il y a quelques années, rachetée comme vieilles matières par la Société, remise en état et donnée au musée des chemins de fer de l'État.

En 1854, eut lieu une transformation complète des ateliers qui les mit à la hauteur des exigences de la fabrication, notamment pour les forges et la chaudronnerie; on installa de puissants marteaux-pilons et on monta pour la commande des ateliers une machine à vapeur fixe du système Bodmer.

De 1855 à 1857, la fabrique construisit surtout des machines du système Engerth; on sait que les premières locomotives de ce type furent construites pour le Semmering par les maisons étrangères de Kessler et de Cockerill. La fabrique de Wiener-Neustadt construisit dans cette période 23 machines Engerth à voyageurs à deux essieux accouplés, tant à cylindres extérieurs qu'intérieurs, et 26 machines du même système, à trois essieux accouplés et cylindres extérieurs.

Peu après, des difficultés de l'ordre financier amenèrent une réorganisation intérieure de l'affaire, et la direction technique passa entre les mains de John Hall, un des anciens collaborateurs de Robert Stephenson et, précédemment, directeur technique de la fabrique de locomotives de Maffei, à Munich. La nouvelle direction commença par mettre l'outillage et les moyens de fabrication à la hauteur des progrès et à les développer en prévision de l'extension qu'allait prendre le réseau des chemins de fer de l'Autriche; en effet, la création et le développement d'un certain nombre de lignes, telles que le chemin de fer François-Joseph, les chemins de fer du Sud, Charles-Louis de Galicie, Élisabeth, etc., allaient demander un grand nombre de locomotives. On appliqua à une partie de ces machines la disposition à châssis extérieur aux roues avec manivelles fusées, qui porte, en Autriche et en Allemagne, le nom de système Hall (1). Ce système a reçu de nombreuses applications non seulement en Autriche, mais encore en Bavière et dans le Wurtemberg. Hall resta peu de temps à la tête de la fabrique de Wiener-Neustadt, et fut remplacé par Carl Schau, ancien ingénieur de la maison Sigl, de Vienne.

En 1860, une entente s'établit avec cette maison et il en résulta une fusion entre les deux établissements. Celui de Vienne fut consacré à la fabrication des machines fixes et marines et la construction des locomotives fut entièrement reportée à Wiener-Neustadt. De cette époque date une seconde période pour la maison qui nous occupe et dont le nom devient « Fabrique de locomotives, précédemment G. Sigl, à Wiener-Neustadt ».

Les ateliers furent développés de manière à pouvoir livrer quatre locomotives par mois, et on réalisa diverses améliorations importantes, telles qu'un raccordement avec la gare du Sud à Wiener-Neustadt. Les chemins de fer du Sud de l'Autriche commandèrent 40 locomotives à marchandises, système Hall. Ce furent les premières machines faites en Autriche avec des roues à centres en fer forgé.

En 1863, les constructions de chemins de fer se ralentirent en Autriche, et la fabrique dut chercher du travail à l'extérieur; elle livra des locomotives, pour la plupart du système Hall, aux chemins de fer de

(1) Il est utile de rappeler ici que les manivelles fusées, qui forment la base du système Hall, sont décrites dans un brevet français de J.-J. Meyer, portant le n° 6703 et la date du 18 avril 1851. La priorité en faveur de notre ancien Collègue est donc incontestable.

Varsovie-Vienne, de la Haute-Silésie et autres, et, en 1866-1867, par quantités considérables aux lignes russes Moscou-Koursk, Voronèje-Rostoff, Rjask-Morschansk, Varsovie-Terespol, Odessa-Balta, etc., toutes du système Hall.

Une des locomotives du Moscou-Koursk, machine à huit roues couplées et une autre locomotive pour le chemin de fer de Terespol figurèrent à l'Exposition universelle de Paris en 1867 et y reçurent une haute récompense.

Nous ne suivrons plus, désormais, la notice pas à pas, et nous nous contenterons de signaler les faits les plus importants. En 1868, la direction générale des chemins de fer de l'État hongrois ouvrit un concours pour les meilleurs types de locomotives à quatre, six et huit roues couplées; ce fut le projet de la fabrique de Wiener-Neustadt qui fut adopté et elle construisit, en 1869 et 1870, un grand nombre de machines sur ces modèles qui, avec quelques modifications de détail, sont encore aujourd'hui les types normaux des chemins de fer de l'État hongrois. Ce sont des locomotives à cylindres et châssis extérieurs et mouvement de distribution à l'intérieur.

En 1870, la fabrique construisit sa 1 000e locomotive; elle livrait à cette époque 10 machines par mois. On continuait à développer l'outillage des ateliers et on installa des fours et un marteau-pilon pour le martelage des paquets et des lingots d'acier. Le nombre des ouvriers qui, sous la direction de Günther, n'avait jamais dépassé 300 et, dans la fabrique Sigl, 600, atteignait 2 000 et, dès 1871, 3 000. Le chiffre des locomotives construites en 1871, 1872, 1873 et 1874 fut respectivement de 144, 173, 179 et 168.

En 1872, on livra 60 locomotives aux chemins de fer de la Haute-Italie pour l'exploitation de la ligne du Mont-Cenis, locomotives à huit roues couplées, avec châssis intérieurs aux roues et mécanisme entièrement à l'extérieur, et 94 locomotives aux lignes russes de Koursk-Charkoff, Voronèje-Rostoff, etc.; ces dernières étaient à six et huit roues couplées et, étant destinées à brûler de l'anthracite, avaient des foyers en acier et des grilles américaines à tubes d'eau. On peut signaler aussi la construction de machines à voyageurs et à marchandises établies sur des types anglais pour les chemins de fer de l'État de Finlande.

L'énorme développement de chemins de fer, qui suivit, en Allemagne, la fin de la guerre de 1870, amena des commandes considérables pour les ligne de la Haute-Silésie, de la Basse-Silésie et des Marches, l'Est Prussien, la ligne de Saarbruck, etc.; mais il ne tarda pas à s'établir des quantités de fabriques de locomotives en Allemagne, et tandis que la crise financière de 1873 arrêtait les affaires de chemins de fer en Autriche, la concurrence rendait les fournitures à l'étranger de plus en plus difficiles. Cette situation amena, en 1875, une nouvelle transformation de la Société, sous le nom de Société par actions de la fabrique de locomotives, précédemment G. Sigl, à Wiener-Neustadt, nom qu'elle a toujours porté depuis.

Les premières années furent pénibles; le travail ne manquait pas, mais les prix étaient mauvais à cause de la concurrence excessive. On peut signaler les fournitures faites aux lignes Vienne-Varsovie, Bender-Ga-

latz, Rybinsk-Bologoje, le chemin de fer de la Vistule, et les machines système Fairlie, pour le chemin de fer du Caucase. Le Gouvernement autrichien fit construire, à cette époque, un assez grand nombre de locomotives à voie normale pour lignes secondaires, locomotives dont un exemplaire, envoyé par la fabrique de Wiener-Neustadt, figurait à l'Exposition universelle de 1878, à Paris.

Les années 1881 et 1882 furent occupées presque exclusivement par les commandes de l'étranger et principalement des chemins de fer français.

La fabrique construisit en effet :

20	locomotives	à 8 roues couplées	pour la C^ie^	du Nord,
50	—	à 6 —	—	de l'Ouest,
20	—	à grande vitesse	—	de l'Est,
10	—	à voyageurs	—	d'Orléans,
10	—	à 6 roues couplées	—	du Midi,
80	—	à 6 —	—	Paris-Lyon-Méditerranée,

soit en tout 190 locomotives, plus 8 locomotives à voyageurs pour la ligne portugaise de la Beira-Alta. Il est bon d'ajouter que ces commandes, acceptées à des prix très bas et pour donner du travail aux ateliers, laissèrent plutôt de la perte que du bénéfice.

L'année 1883 marqua une certaine reprise des travaux en Autriche et la production s'éleva à 128 locomotives pour cette année et 130 pour la suivante; le chiffre des ouvriers oscilla légèrement autour de 2000.

En mars 1884, mourut le directeur Carl Schau; ce fut une grosse perte pour la fabrique à la tête de laquelle il était resté 25 ans; il fut remplacé par l'ingénieur en chef, M. Franz Fehringer, le directeur actuel.

Depuis cette date, on peut signaler la construction des machines de tramways et des commandes étrangères, telles que, en 1887, 11 machines à marchandises et 4 de tramways pour l'Italie, en 1890, 11 machines compound à marchandises pour les chemins de fer de l'État saxon ; en 1894, 10 machines à huit roues couplées et 3 à six roues couplées pour le chemin de fer de Salonique à Constantinople et, en 1895, 10 machines compound à huit roues couplées pour la Russie.

Le système compound fut adopté tardivement en Autriche; à part quelques essais antérieurs, on peut dire que la première locomotive compound fut faite en 1890 pour le chemin de fer du Nord Empereur Ferdinand ; c'était une machine à six roues couplées, à cylindres extérieurs, et, depuis cette date, le système compound a été adopté par cette ligne pour toutes les machines de ce type.

Le chemin de fer de l'État a fait construire ses premières machines compound en 1895 et d'autres lignes autrichiennes ont suivi cet exemple.

La 4000^e^ machine, à l'occasion de laquelle a été faite la publication dont nous nous occupons est une locomotive du chemin de fer du Nord Empereur Ferdinand; c'est une machine à grande vitesse de très grandes dimensions, deux essieux couplés, bogie à l'avant et essieu porteur à l'arrière, châssis, cylindres et mécanisme de distribution à l'extérieur.

Nous n'avons pas parlé des constructions autres que locomotives ; la

fabrique a fourni à la marine autrichienne deux appareils moteurs de 700 *ch* et des machines de torpilleurs. Elle construit aussi des machines et des chaudières fixes de tous systèmes.

L'ouvrage dont nous venons de donner le résumé est illustré de deux portraits (W. Günther et G. Sigl) et de 35 belles photographies de locomotives des types les plus remarquables, faites, les plus anciennes, d'après des lithographies ou des dessins et les autres d'après nature. Cette publication, en dehors du but pour lequel elle a été faite, offre un grand intérêt au point de vue de l'histoire de la locomotive.

État actuel du Transsibérien. — Une correspondance particulière du *Journal de Genève* donne les intéressants détails qui suivent sur l'état d'avancement des travaux du chemin de fer transsibérien.

La grande voie ferrée qui, d'ici à deux ans, reliera les deux océans, des rives de l'Europe occidentale à celles de l'Asie orientale, doit intéresser non seulement la Russie, mais tous les pays de l'Europe, puisqu'elle donnera un élan nouveau au commerce et qu'elle offrira des conditions excessivement avantageuses tant pour l'exportation que pour l'importation. Nul, sans doute, ne contestera que l'importance de ce chemin de fer ne se trouve pas seulement dans son but stratégique, but indéniable évidemment, mais encore dans son objet économique et dans l'extension qu'il doit nécessairement apporter aux relations de nos contrées avec l'Extrême Orient. En effet, dès qu'il sera possible de se rendre, par terre et sans danger ni fatigue autre que celle d'un long voyage par chemin de fer, à l'extrémité de l'Asie, il est à prévoir que bien des gens que faisait reculer la longueur de la traversée iront se rendre compte par eux-mêmes de ce que l'on peut faire en ces pays éloignés et que l'exode qui se produit vers le nouveau monde changera, pour une bonne part, de direction et entraînera vers l'est le courant des émigrants.

Naturellement, ce ne sera pas un mouvement à courte échéance. On attendra, on voudra savoir ce qu'est cette Sibérie où à côté de l'ours blanc on trouve le tigre, à côté des lichens la plus riche flore orientale, où les iris et les orchidées poussent en pleine campagne, presque à l'ombre des sapins et des mélèzes. Mais, que tous ces renseignements seront vite connus, vite obtenus ! et, en dix ans, on en saura plus qu'on n'en avait pu connaître en cinquante ans.

Encore, peut-être, pourrait-on se dire que cette entreprise en pays lointains est chanceuse, qu'elle sera longue à arriver à son terme. Cela aurait pu être si nous avions en Russie un ministre des Voies de communication moins actif et moins curieux de voir de ses yeux. Mais tel n'est pas le cas et le prince Chilkof, par son récent voyage, nous a donné le moyen de juger de l'état de la construction du Transsibérien, en même temps qu'il a pu remarquer quels en étaient les côtés faibles et remédier aux défauts qui lui avaient été signalés.

Sans la présence du ministre sur les lieux, il est à présumer que bien des points réglés aujourd'hui seraient encore en discussion, non pas à Saint-Pétersbourg, mais dans l'une des petites stations de Sibérie et qu'il se serait écoulé bien du temps avant que toutes les formalités d'une

administration paperassière eussent suivi la filière des bureaux, aller et retour. Je vous ai déjà parlé des commandes de locomotives et de wagons qui ont été faites sans délai à la suite de l'inspection du ministre. Voici encore quelques détails complémentaires qui résument l'état actuel des travaux.

Si nous prenons comme point de départ la ville de Tcheliabinsk, qui se trouve à 221 verstes au sud d'Ekaterimbourg et à 450 verstes au nord d'Oufa, soit à 1 974 verstes de Moscou et à 2 578 verstes de Saint-Pétersbourg, nous voyons que l'on peut faire 2 699 verstes, soit 2 880 kilomètres, sans descendre de wagon, jusqu'à Touloune, station extrême, actuellement située à 354 verstes d'Irkoutsk.

Si nous prenons comme base le tarif des zones existant en Russie, le prix du trajet pour les trains ordinaires sera, pour les 5 630 verstes (6 000 kilomètres), qui séparent Saint-Pétersbourg d'Irkoutsk, de 68,50 roubles (183 *f*), en première classe ; de 41,10 roubles (110 *f*), en deuxième classe, et de 27,40 (68 *f*), en troisième. Vous voyez le fabuleux bon marché que coûtera une visite au lac Baïkal.

Mais revenons au trajet lui-même. Ce trajet n'est faisable sans descendre de wagon qu'en hiver encore, vu l'absence de ponts sur l'Iénisséi et sur la Biroussa.

Sur tout le parcours de Tcheliabinsk à Krasnoiarsk, tout est achevé, sauf les ateliers de Krasnoiarsk. Plus loin, les travaux ne sont pas aussi avancés et jusqu'à l'achèvement des ponts, les voyageurs et les marchandises devront être transportés par bateaux pour la traversée des deux fleuves ci-dessus nommés.

De Touloune à Irkoutsk, il n'y a guère que les remblais qui soient prêts ; les rails manquent encore, mais on assure que l'exploitation de ce tronçon sera possible dès le 1er janvier 1899, de sorte qu'en 1900, Saint-Pétersbourg et Vladivostock seront en communication directe.

Ainsi, d'ici à peu de temps, les Européens pourront aller admirer les sites grandioses de cet immense Baïkal, en comparaison duquel nos lacs ne sont que de petits étangs. Les travaux sur ce point sont en parfaite voie. On y prépare, dans les docks, le bac géant qui transportera des trains entiers d'une rive à l'autre. On avait pensé, un moment, au transport des voyageurs sur la glace du lac au moyen de l'électricité, mais on oubliait que l'on n'avait pas affaire à une rivière congelée. Par 35 et 40 degrés de froid, la glace se fend avec un bruit de tonnerre et il se forme des crevasses de quelques mètres de largeur qui auraient pu amener de grandes catastrophes. On a donc résolu de s'en tenir à des omnibus chauffés, attelés de chevaux, et à placer, de distance en distance, des maisonnettes de garde reliées par un fil téléphonique qui préviendra l'administration des perturbations qui pourraient se produire.

Quant au mouvement prévu, à la quantité de trains primitivement établie, la réalité a dépassé les prévisions, de telle sorte qu'on proposera une dépense de 15 millions de roubles pour l'amélioration des voies, et de 24 millions pour l'amélioration du matériel en trois ans, de façon à pouvoir élever le nombre des trains quotidiens dans les deux directions, de trois à sept, nombre qui, certainement, ne tardera pas non plus à être insuffisant, surtout si on considère qu'actuellement il y a

plus de 7 000 wagons de marchandises en souffrance dans les diverses stations, faute de matériel, et, comme le transport a augmenté de cent pour cent en une année, on peut prévoir ce qu'il sera d'ici à trois ou quatre ans.

Un autre point important est celui de la vitesse. Le matériel et les rails actuels ne permettent pas une vitesse supérieure à 25 verstes par heure. Il sera de toute nécessité d'élever cette vitesse pour égaler au moins la vitesse ordinaire des trains d'Europe, soit 40 à 50 verstes, ce qui raccourcirait le trajet de cinq jours, et cinq jours de moins de voyage, cela compte. Il serait question d'assigner une somme de 50 millions de roubles à la réfection des rails en dix ans. On pourrait se demander pourquoi on n'a pas employé dès le commencement des rails qui auraient permis une vitesse supérieure.

Enfin, un dernier mot sur les changements survenus dans la situation économique des pays traversés par le Transsibérien. Nous nous bornerons à ce qui a le plus directement rapport à la construction de la ligne, aux ouvriers. De 1894 à 1896, on constate l'augmentation suivante des prix. La journée d'un ouvrier s'élève de 40 copecks à 1,30 rouble ; la journée d'un ouvrier avec cheval et chariot de 1 rouble à 3 ; le poud de viande (16,3 *kg*) monte de 2,80 roubles à 6 ; le sarrasin de 2,80 à 4,30 ; le foin de 0,10 à 1 rouble, etc., soit en général une augmentation de 100 0/0 à 1 000 0/0. Il y a de quoi faire réfléchir les futurs émigrants. Je parlerais bien aussi de l'influence de cette invasion d'ouvriers sur les mœurs et la moralité, mais je dois m'excuser d'avoir fatigué le lecteur de tous ces chiffres et ce sera pour une autre occasion.

Les machines à vapeur en Prusse. — Les dernières statistiques publiées par le Ministère du Commerce de Prusse donnent d'intéressants détails sur le développement des machines à vapeur en Prusse de 1879 à 1897.

Le nombre des machines à vapeur de tout genre, autres que les locomotives et les machines de bateaux, était, à la fin de 1879, de 35 337 et leur puissance collective de 934 884 *ch*, ce qui donne une moyenne de 26,5 *ch* par machine (1).

Des tableaux donnent la répartition de ces machines entre les divers genres d'industrie. Ne pouvant les reproduire entièrement, nous croyons intéressant de nous borner aux trois classes qui contiennent la plus grande proportion de machines : ce sont, d'abord, les industries minières et métallurgiques, ensuite les industries alimentaires, puis les industries textiles.

La première classe employait, en 1879, 9 075 machines d'une puissance collective de 515 890 *ch*, ce qui donne une moyenne de 56,8 *ch*

(1) Il peut être intéressant de rappeler à titre de comparaison, qu'en 1879 il y avait en France 39 556 machines à vapeur autres que les locomotives et machines de bateaux, d'une puissance totale de 516 461 *ch*, ce qui donne une moyenne de 13 *ch* par machine. Les moteurs employés par les industries minières et métallurgiques étaient au nombre de 9 059 et leur puissance de 188 292 *ch*, c'est 23 0/0 du total comme nombre et 36 0/0 comme puissance.

par machine. La proportion est de 25,4 0/0 du nombre total et 55 0/0 de la puissance totale.

Les industries relatives à l'alimentation possédaient 7 974 machines avec 112 508 *ch*, soit une moyenne de 14 *ch* seulement par machine ; la proportion au total est, pour cette classe, de 22,5 0/0 pour le nombre et 12 0/0 pour la puissance,

Les industries textiles comptaient 3 539 machines d'une puissance collective de 87 980 *ch*, soit, en moyenne, 25 *ch* par machine. La proportion est de 10 0/0 du nombre total et de 9,5 0/0 de la puissance totale. Les trois premières catégories d'industries représentaient donc à elles seules 58 0/0 du nombre et 76,5 0/0 de la puissance des machines à vapeur existant dans le royaume.

A la fin de 1897, le nombre total des machines à vapeur, définies comme précédemment, atteignait 81 060 et la puissance totale 2 881 799 *ch*. L'accroissement depuis 1879 est de 1 à 2,3 pour le nombre et de 1 à 3 pour la puissance. La force moyenne ressort à 35,5 au lieu de 26,5, montrant un accroissement de 34 0/0.

Les industries qui emploient le plus de machines sont toujours les mêmes que plus haut. Si nous faisons la même décomposition, nous trouvons que les industries minières et métallurgiques ont employé, en 1897, 18 157 machines de 1 430 208 *ch*, soit une moyenne de 78 *ch* par machine au lieu de 56,8 *ch*. L'accroissement du nombre a été, par rapport à l'année 1879, de 1 à 2 et celui de la puissance de 1 à 2,77. Les machines employées par ces industries représentent 22,4 0/0 du nombre total et 50 0/0 de la puissance totale au lieu de 25,4 et 55.

Les industries alimentaires emploient 16 385 machines de 340 770 *ch* soit en moyenne 21 *ch* au lieu de 14. C'est, par rapport à 1879, une augmentation de 1 à 2 pour le nombre et de 1 à 3 pour la force, proportions peu différentes de ce que nous venons d'observer pour la catégorie précédente. Les machines employées par les industries alimentaires font 20 0/0 du nombre et 11,8 de la puissance au lieu de 22,5 et 12 0/0, chiffres de 1879.

Enfin, les industries textiles figurent pour 5 027 machines et 243 172 *ch*, ce qui donne une moyenne de 48,3 *ch* par machine, au lieu de 25. L'accroissement est, par rapport à 1879, de 42 0/0 seulement en nombre et de 276 0/0 en puissance. Quant à la proportion, elle est de 6,2 du nombre total et 8,4 0/0 de la puissance totale, au lieu de 10 et 9,5 0/0.

Les machines employées dans les trois catégories d'industries que nous venons de passer en revue représentent donc, pour 1897, 48,6 0/0 du nombre total et 70,2 0/0 de la puissance totale des machines à vapeur dans le royaume, alors que ces proportions étaient, pour 1879, de 58 et 76,5 0/0.

Ce fait s'explique très simplement par le développement qu'ont pris certaines indnstries depuis 1879, par exemple celles qui se rapportent à l'électricité, qui n'existaient pour ainsi dire pas à cette date, et qui emploient actuellement, pour l'éclairage et pour les tramways, un nombre important de machines d'une puissance considérable, ce qui a notablement modifié la répartition.

Le viaduc de Müngsten. — On a achevé récemment un ouvrage d'art qui est un des plus importants de l'Allemagne et qui a été établi dans les conditions suivantes.

Les deux villes industrielles de Remscheid et de Solingen sont très rapprochées l'une de l'autre, 8 *km* à vol d'oiseau, mais des obstacles naturels avaient empêché jusqu'ici de les relier directement par un chemin de fer et les communications ne pouvaient avoir lieu que par Barmen, ce qui impliquait un trajet de 44 *km* par voie ferrée. Les obstacles dont nous venons de parler étaient la présence de la profonde et étroite vallée du Wupper et la différence de niveau des deux villes. Remscheid est, en effet, à 100 *m* environ au-dessus du niveau du Wupper.

On résolut toutefois d'exécuter ce raccordement et la partie la plus importante, le viaduc destiné à franchir la vallée, fut mise au concours à fin de 1891. Ce fut le projet de la Société par actions de la fabrique de machines de Nüremberg qui fut adopté et mis à exécution.

L'ouvrage se compose d'une manière générale d'une poutre droite reposant sur des piles métalliques et, au centre, sur la clé d'un grand arc.

La répartition est la suivante :

Côté de Remscheid, $2 \times 45 + 30 + 2 \times 15 =$	150 *m*
Grand arc	180
Côté de Solingen, $45 + 2 \times 30 + 2 \times 15 =$	135
Longueur totale.	465 *m*

L'arc a 68.63*m* de flèche; sa forme est celle de deux branches d'hyperbole; la hauteur est de 4 *m* à la clé et de 12 *m* aux naissances. Les deux arcs qui forment l'arche sont écartés transversalement de 5 *m* au sommet et de 25,68 *m* à la base.

Le travail des fondations a été commencé dans les premiers mois de 1894; on a employé, pour les soubassements des piles et culées, 21 000 m^3 de maçonnerie.

Le montage des arcs s'est fait sans échafaudages, en porte à faux, avec retenue par des câbles des parties déjà montées. La construction de la partie métallique a été commencée en mai 1895. La fermeture des arcs a été opérée le 22 mars 1897 et le pont a été achevé en juillet 1898. Il y est entré 5 100 *t* de métal. Le prix total s'est élevé à 3 500 000 *f*. Cet ouvrage a reçu le nom de viaduc Empereur Guillaume.

Il a été employé, pour le montage et pour la fermeture des arcs, des procédés assez intéressants. La construction a été décrite avec tous ses détails dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingénieure* des 20 novembre, 4 et 11 décembre 1897.

Transmissions électriques pour filatures. — Dans un mémoire lu récemment devant l'*American Society of Mechanical Engineers*, M. W. B. Smith Whaley donne des renseignements intéressants sur les puissances absorbées par les transmissions par cordes et par les transmissions électriques pour la mise en marche d'une filature.

Dans une première usine, la force motrice était produite par une machine Corliss compound de 800 *ch* portant une poulie de 7 32 *m* de diamètre avec 26 gorges recevant des cordes de 45 *mm* de diamètre. La filature comptait 11 776 broches et 720 métiers à tisser. Toutes les broches étaient en marche, mais seulement en moyenne 682 métiers par jour.

Dans la seconde filature, la force venait d'une station centrale située dans le voisinage et le courant actionnait quatre moteurs électriques de 150 *ch* chacun, un à chaque étage de la fabrique. L'installation a été faite en janvier 1897 pour actionner 12 448 broches et 356 métiers, sur un total de 500.

Dans la première fabrique, la puissance moyenne absorbée a été de 539 *ch*, dont 228 pris par les transmissions seules, ainsi qu'on a pu s'en rendre compte en mesurant le travail consommé avec toutes les courroies sur les poulies folles. D'après d'autres considérations, l'auteur a trouvé une force de 0,168 *ch* par métier et 1 *ch* par 60 broches, ce qui correspond avec les chiffres ci-dessus.

La comparaison avec la transmission électrique amène M. Smith Whaley à conclure qu'on économise 77 *ch* par l'emploi des quatre moteurs électriques au lieu des transmissions par cordes.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Février 1898.

Rapport de M. L. Lindet sur **les procédés d'analyse des betteraves porte-graines**, de M. Pellet.

On sait que la sélection des betteraves, au point de vue de la production des graines, est basée sur la richesse en sucre des sujets. On emploie divers procédés pour constater cette richesse. M. Pellet a imaginé une méthode de diffusion aqueuse instantanée, à froid, dans laquelle la liqueur filtrée est passée dans un saccharimètre gradué, de façon que la lecture donne directement la teneur en sucre de la betterave. Une addition importante à cette méthode est l'emploi du tube continu qui reste à poste fixe entre le polariseur et l'analyseur, et permet d'introduire le liquide à polariser sans être obligé de l'ouvrir pour le fermer ensuite, de manière à activer les opérations.

On a pu, avec l'emploi de cette méthode, arriver à faire 350 000 analyses de porte-graines en 41 jours, ce qui donne une moyenne de 8 200 analyses par journée de dix heures; on se servait de deux appareils. La dépense de main-d'œuvre et d'outillage n'a pas atteint 0,02 *f* par betterave analysée. Cette méthode est employée dans un très grand nombre d'usines, tant en France qu'à l'étranger.

L'assainissement de la Seine, par M. Bechmann, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, chef du service technique de l'assainissement de Paris. Conférence faite à la Société d'Encouragement, le 26 novembre 1897.

L'auteur rappelle, au début, que les premiers égouts ont été tracés suivant les lignes de plus grande pente, normalement au cours de la Seine, dans laquelle ils se déversaient. On se préoccupait si peu de la contamination et de ses effets, que les premières pompes à feu destinées à élever l'eau du fleuve ont été précisément installées en aval, à Passy et au Gros-Caillou.

C'est en 1855 qu'apparaît, pour la première fois, l'idée de supprimer tout débouché des égouts dans la Seine dans la traversée de Paris, idée réalisée par l'établissement des collecteurs, au nombre de trois, qui allaient déverser les produits des égouts en aval de Paris, au pont d'Asnières et à Saint-Denis.

Ces travaux, terminés en 1867, donnaient une solution complète du problème, au point de vue exclusivement parisien, mais la difficulté n'était que déplacée, en ce que les égouts de Paris continuaient à empoisonner la Seine plus bas que la capitale.

Mille présenta, dès 1865, un grand projet d'épuration agricole, dans lequel les eaux des collecteurs devaient être conduites dans de vastes terrains où on les emploierait en irrigations fertilisantes. On résolut, de faire, d'abord, un essai sur une petite échelle, lequel s'effectua en 1868 à Clichy et donna de bons résultats; cette expérience fut ensuite étendue sur des terrains situés dans la plaine de Gennevilliers. Aussi, dès 1874, Mille et Durand Claye purent établir un projet d'ensemble qui fut mis à l'enquête en 1875 et souleva une opposition formidable de la part du département de Seine-et-Oise.

Enfin, après de longs retards, la loi du 4 avril 1889 est venue autoriser l'exécution du projet, mais mutilé et dans des conditions restreintes. Il fallut modifier les études; enfin, la loi du 10 juillet 1894 a autorisé les extensions nécessaires et, dès le mois de juillet 1895, on inaugurait l'aqueduc d'Achères et les eaux d'égout arrivaient dans le parc agricole aménagé dans des terrains domaniaux.

Depuis, les travaux de distribution et de drainage ont été complétés, et l'année 1897 aura vu traiter 70 millions de mètres cubes d'eau d'égouts, soit près de la moitié de débit des collecteurs. On sait que la Ville de Paris s'est engagée à cesser, avant le 10 juillet 1899, tout déversement des eaux d'égout dans la Seine.

Le savant conférencier décrit les parties principales de cette œuvre grandiose, l'aqueduc, les usines élévatoires, les siphons de Clichy et d'Herblay, le pont-aqueduc d'Argenteuil, les canalisations, etc., et donne d'intéressants détails sur l'épandage et l'utitisation des eaux d'égouts.

Compte rendu des **progrès réalisés dans l'industrie des huiles essentielles et des parfums,** par M. A. Haller.

Cette note très développée passe en revue les études dont les huiles essentielles et les parfums ont été l'objet, tant au point de vue technique qu'au point de vue purement scientifique.

La gutta-percha, d'après M. F.-A. Obach. (Extrait du *Journal of the Society of Arts.*)

Cette note donne des détails sur la préparation mécanique et le traitement chimique de la gutta-percha. On sait qu'il y aurait un grand intérêt à pouvoir retirer la gutta des feuilles, de manière à ménager l'arbre; on a calculé que, de 10 à 40 ans, un arbre donnerait 190 *kg* de feuilles contenant de 9 à 10 0/0 de gutta, soit 18 *kg*, soit plus de 20 fois ce que donne la saignée ordinaire d'un arbre de 3 ans. On a proposé divers modes de traitement de ces feuilles; ils sont généralement basés sur l'emploi de dissolvants, sulfure de carbone, essence de pétrole, toluène, etc., et ces procédés chimiques ont l'inconvénient de fournir des guttas peu durables.

La balata est le seul substitut naturel que l'on ait mis en pratique pour remplacer la gutta. On la trouve à la Guyane hollandaise; on en a exporté 125 *t* en 1896.

La note donne des détails sur les propriétés physiques et mécaniques de la gutta-percha et sur les applications qui sont très importantes; une des principales est dans la fabrication des câbles sous-marins. On peut

estimer à huit fois et demie le tour de la terre la longueur actuelle des câbles sous-marins, ce qui représente un poids de gutta-percha de 16000 *t*. La consommation totale, pour l'Angleterre seule, a été, de 1845 à 1896, de 48000 *t*, dont les deux tiers environ pour les usages électriques.

La gutta-percha se détériore plus ou moins vite à l'air, par suite d'absorption d'oxygène, et cette action est activée par la lumière.

L'unification des filetages à l'étranger. — Sous ce titre, il est rendu compte de la séance tenue à Zurich, le 20 novembre 1897, par le Comité d'action suisse pour l'unification des filetages et des jauges, en présence des représentants de l'Union des ingénieurs allemands et de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale.

Cette conférence a décidé qu'un Congrès international serait convoqué à Zurich, au commencement de mai 1898 et qu'on soumettrait à ce Congrès, en s'appuyant sur les résultats des délibérations qui viennent d'avoir lieu, la question de l'établissement d'un système de filetage à base métrique pour les vis mécaniques.

Notes de mécanique. — On trouve, dans ces notes, la description du transmetteur pneumatique Batcheller pour tubes postaux employés par la poste de New-York, de l'injecteur Pattinson, de la perforatrice à air comprimé de Firth, des turbines à vapeur réversibles Parsonns, dans lesquelles une disposition de papillon permet de changer le sens d'arrivée de la vapeur, de manière à réaliser à volonté le mouvement dans les deux sens.

Suit la description de l'indicateur totalisateur d'Amsler, de la machine à fabriquer les cylindres de roulement de Hyatt, du régulateur de pression Cash, de la pince à lingots de Keiser employée aux forges de Carnegie, et des laminoirs en tandem de Kennedy, dont la principale particularité est la conjugaison des réglages de ses cylindres par des chaines.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

4e trimestre de 1897.

Note sur les diverses manières d'**appliquer la règle du trapèze** au calcul de la stabilité des barrages en maçonnerie, par M. Maurice Lévy, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

La règle hypothétique dite du trapèze a été, comme on sait, appliquée aux barrages, de diverses manières, savoir: aux sections horizontales, aux sections normales à la courbe des pressions et à celle des sections issues de chaque point du parement d'aval qui donne la plus grande pression normale en ce point.

M. Maurice Levy recherche quelles sont les valeurs, pour les trois

méthodes, de la pression maximum au point du parement d'aval. Ces recherches lui ont permis de reconnaître ce fait digne d'intérêt, que la règle du trapèze est exacte, c'est-à-dire conforme aux principes de la théorie mathématique de l'élasticité pour la digue à section triangulaire, c'est-à-dire à parements plans et épaisseur en couronne nulle. Mais elle ne l'est pas pour les digues à section en trapèze et encore moins pour les digues habituelles à parements non plans. Cependant, son exactitude dans le cas de la digue triangulaire, outre qu'elle ajoute un nouvel intérêt à cette forme théorique, donne aussi la présomption que cette règle ne doit pas être très fautive pour des formes usuelles plus ou moins avoisinantes.

L'auteur se propose d'ailleurs d'indiquer, dans une prochaine note, comment on peut, dans l'étude de la résistance des digues, substituer à l'emploi de la règle dont nous nous occupons ici des moyens plus exacts tirés des principes de la théorie mathématique de l'élasticité pour la digue en section triangulaire.

Étude d'une nouvelle formule pour **calculer le débit des canaux découverts**, par M. H. Bazin, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

L'éclairage électrique des côtes de France et le phare d'Eckmuhl, par M. de Joly, ingénieur des Ponts et Chaussées.

La première application de l'éclairage électrique aux phares a été faite en France aux feux de la Hève, en 1863 et 1864; la puissance lumineuse était faible et ne dépassait guère celle qu'on obtenait avec les appareils à huile. Une seconde application fut faite, en 1869, au phare du cap Gris-Nez. Quelques autres phares furent ensuite munis d'appareils électriques, mais sans aucune vue d'ensemble jusqu'à ce que la loi du 3 août 1882 organisât l'éclairage électrique du littoral français en décidant la création de 46 phares électriques distribués à peu près uniformément sur la côte.

La note décrit successivement les machines motrices et électriques, les appareils optiques, les caractères des feux électriques, la puissance lumineuse et la durée des éclats et les premières applications qui furent faites du programme de 1882; savoir, 6 phares sur les 46 que comportait le projet primitif. Une enquête fut ouverte en 1886 sur les résultats obtenus, et la conclusion fut une réforme du programme primitivement admis et l'adoption de nouveaux principes pour l'éclairage électrique. On a notamment modifié la répartition primitive et on a décidé d'ajourner la majeure partie des phares compris au programme de 1882 et d'en établir seulement un certain nombre, qui portent actuellement à 13 le nombre des phares électriques des côtes de France.

On a décidé, en principe, que le feu électrique, réduit au rôle de phare de grand atterrage, doit être scintillant et à éclats exclusivement blancs; la durée des éclats est sans influence sur la valeur du caractère d'un feu et peut être réduite dans une mesure quelconque, à la condition toutefois que les éclats se reproduisent aussi souvent que possible et au moins toutes les cinq secondes en moyenne.

Plusieurs de ces phares ont été munis de moteurs à vapeur ou à air chaud, actionnant des machines magnéto-électriques et des appareils optiques à 12 lentilles annulaires dissymétriques disposées de manière à donner six groupes de deux éclats pendant une rotation de l'appareil. Ces phares ont une puissance lumineuse de 350 000 à 650 000 becs pour des régimes de 25, 50 et 100 ampères sous 40 volts.

Les mêmes principes ont été appliqués aux phares établis ou transformés depuis 1893, par l'application du système des feux-éclairs, imaginé par M. l'Inspecteur général Bourdelles, lequel consiste à faire rendre à un appareil d'éclairage d'ordre donné son maximum d'effet utile, en réduisant au minimum le nombre des panneaux lenticulaires, tout en assurant aux éclats une durée d'environ 1/10e de seconde et en les faisant se succéder moyennement toutes les cinq secondes. Les premières applications des feux-éclairs électriques, ont été faites de 1893 à 1895 aux phares de la Hève, de l'île d'Yeu et de la Coubre.

Nous ne suivrons pas la note dans la description des appareils de ces phares ; nous dirons seulement que le principe des feux-éclairs a été appliqué à l'éclairage à l'huile minérale et a permis d'obtenir des puissances lumineuses d'un très vif éclat avec les distances focales ordinaires, 19 000 becs carcels par exemple. On a appliqué ce système à l'amélioration des feux d'atterrage de deuxième ligne des côtes de France, notamment des 33 phares du programme de 1882, pour lesquels l'éclairage électrique a été ajourné.

Nous trouvons quelques renseignements sur les signaux sonores associés aux phares électriques ; ils sont constitués par des sirènes marchant à l'air comprimé. Des réservoirs ou accumulateurs contiennent assez d'air pour que la sirène puisse marcher pendant le temps que le moteur à vapeur qui fournit l'air puisse être mis sous pression.

Le phare d'Eckmühl, le plus récent des phares électriques des côtes de France, a été élevé sur la presqu'île de Penmarch, par suite d'un legs de 300 000 *f* fait par la marquise de Blocqueville, petite-fille du maréchal Davout, prince d'Eckmühl. Il consiste en une tour de granit de 60 *m* de hauteur ; sa portée lumineuse moyenne dépasse 100 *km* ; il a été inauguré le 17 octobre 1897.

(A suivre.)

ANNALES DES MINES

12me livraison de 1897.

Note sur **les sources minérales de Pougues (Nièvre)**, par M. G. Friedel, Ingénieur des Mines, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne.

Après un aperçu géologique sur la région, la note donne l'historique et la description des sources de Pougues qui étaient au nombre de trois avant 1889. On en a trouvé d'autres depuis, dont une très abondante, à la suite d'un sondage, et l'influence de ce nouveau débit sur celui de

la source de Saint-Léger a été telle qu'on a dû autoriser une extension du périmètre de protection de la première ; du reste, actuellement, toutes les sources appartiennent à la même Société, ce qui simplifie la question. La note se termine par quelques aperçus sur les travaux à faire pour améliorer la situation actuelle et rétablir pour la source Saint-Léger, la minéralisation primitive.

Bulletin des **accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1896.** — Il s'est produit pendant l'année 1896, 44 accidents ayant amené la mort de 16 personnes et ayant causé des blessures graves (vingt jours au moins d'incapacité de travail) à 25 autres.

Si on décompose ces accidents par nature d'appareils, on constate que 26 sont arrivés à des chaudières chauffées en tout ou partie à l'extérieur dont 15 à des chaudières ayant l'eau dans les tubes et 18 à des chaudières non chauffées à l'extérieur, dont 1 surchauffeur et 6 récipients. On peut faire remarquer que, si les accidents arrivés à des chaudières avec l'eau dans les tubes, présentent une certaine fréquence, puisqu'ils entrent pour plus d'un tiers (15 sur 44) dans le total, en revanche, leurs conséquences sont relativement moins graves puisque le nombre de tués, est de 4 sur 16 et celui des blessés de 3 sur 25.

Si on examine les accidents au point de vue des causes présumées résultant de l'étude des dossiers administratifs, on trouve que 18 sont attribués à des conditions défectueuses d'établissement, 14 à des conditions défectueuses d'entretien, 15 à un mauvais emploi des appareils et 5 à des causes non précisées. Le total de 52, supérieur à celui du nombre des accidents, fait voir que, dans un certain nombre de cas, 8, l'accident a été porté comme dû à la coexistence de deux causes, ainsi dans un cas, une tôle de qualité insuffisante pour la nature de l'emploi et des mattages répétés qui ont développé dans cette tôle une fissuration le long d'une rivure, ou, dans un autre cas, un tube à fumée en laiton, de grand diamètre et de faible épaisseur et une usure et une altération de ce tube.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Février 1898.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 5 février 1898.

Communication de M. Lebreton sur **les conditions d'emploi de l'électricité dans les mines.**

L'objet de cette communication est d'exposer les résultats des recherches faites à la galerie d'expériences de la Mine Consolidation à Gelsenkirchen, sous les auspices de l'Association westphalienne des mines de Bochum. Ces recherches avaient pour but de se rendre compte du

degré de sécurité que présentent les appareils électriques généralement employés et pouvant offrir une source de dangers plus ou moins permanente, en présence de mélanges grisouteux ou de poussières grisouteuses.

On avait formé, à l'extrémité de la galerie, une capacité de 10 m^3 dans laquelle on pouvait, par une circulation de vapeur, maintenir une température semblable à celle des travaux souterrains.

On y introduisait des mélanges de grisou et d'air, le grisou étant pris par une canalisation à des travaux abandonnés.

On disposait d'un courant de 500 volts emprunté à une ligne de tramways, lequel actionnait un petit moteur qui, à son tour, mettait en mouvement une dynamo à courant continu de 110 à 150 volts ou une machine à courants polyphasés de 110 à 120 volts.

Les expériences ont porté sur :

Les lampes à incandescence ;
Les lampes à arc ;
Les étincelles produites à la rupture des courants ;
Les coupe-circuits ;
Les résistances de mise en marche ;
Les machines employées pour le tirage électrique.

Les conclusions générales sont que la quantité d'énergie capable d'enflammer les mélanges grisouteux est extraordinairement faible et tellement variable qu'il est impossible de la fixer d'une manière générale. Toute étincelle visible doit être considérée comme dangereuse mais, par contre, il paraît établi que l'électricité ne peut produire d'explosions de poussières proprement dites.

Suivent des indications nombreuses et détaillées relativement aux précautions à prendre.

L'auteur résume ensuite les prescriptions annexes au rapport du 20 octobre 1894 de la Commission belge d'électricité, prescriptions qui portent sur les diverses parties de l'installation : machines, ligne, appareils de contrôle et de sûreté, lampes dans les divers cas, c'est-à-dire : à la surface des mines en général, à la surface et dans les bâtiments abritant les puits des mines à grisou de troisième catégorie, à l'intérieur des mines, en général, et à l'intérieur des mines à grisou de première, deuxième et troisième catégories.

M. Lebreton fait remarquer, en terminant, que les précautions à prendre avec l'électricité, notamment pour les conducteurs qui constituent une part importante de l'installation, sont très onéreuses et de nature, dans certains cas, à la mettre dans un état d'infériorité par rapport à l'air comprimé, surtout si on cherche à améliorer le rendement de ce dernier par l'emploi de moteurs à détente et par le réchauffage de l'air. Il s'agit, bien entendu, uniquement ici, des mines à grisou. La question reste entière pour les autres.

Note de M. Perrin, géomètre en chef des Houillères de Saint-Étienne, sur **le redressement de deux cheminées.**

Ces deux cheminées appartiennent à la Compagnie des Houillères de

Saint-Etienne. La première, celle du puits Saint-Louis, de 35 *m* de hauteur au-dessus du sol, avait un faux aplomb de 1,31 *m* sur la face sud et de 0,66 *m* sur la face ouest ; il s'agissait de faire une entaille de 0,116 *m* sur l'angle nord et de 0,06 *m* sur l'angle est. Ces entailles devaient être pratiquées à 2 *m* de hauteur en dessous du cordon formant la base du fût. Le cube était estimé à 168 m^3 de maçonnerie et le poids à 300 *t* en nombre rond. On s'est servi de cales et de verins. L'opération a duré 9 1/2 journées de travail ; elle a coûté 748 *f*, alors que le coût d'une cheminée neuve eût été de près de 10 000 *f* et, de plus, le redressement a eu lieu sans arrêter la circulation des gaz de 5 générateurs que dessert cette cheminée.

L'autre cheminée est celle de la carbonisation ; il y avait une difficulté de plus, c'est que l'intérieur de la cheminée était constitué par une cheminée en briques réfractaires séparée par un vide de 5 *cm* de la cheminée extérieure en briques rouges.

Le faux aplomb était de 1,25 *m* d'un côté de 0,60 *m* de l'autre. On a procédé comme pour la cheminée précédente ; seulement, comme pour faire l'entaille dans la cheminée intérieure il fallait pénétrer dans celle-ci, on a dû établir une cheminée provisoire faite avec une vieille chaudière en tôle de 11,50 *m* pour détourner les fumées des fours.

L'opération a demandé douze jours de travail et a coûté 933 francs. Le redressement de ces deux cheminées a été effectué par MM. Oehler frères, entrepreneurs de fumisterie à Saint-Étienne.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Livraison du 8 décembre 1897.

Remarques sur les courants électriques, par M. de Roos.

Livraison du 20 janvier 1898.

Séance du 9 novembre 1897.

Communication de M. Kist, sur les tensions dans les ponts de chemins de fer. Depuis quelques années, l'État a organisé un service, dont fait partie l'auteur, pour faire des observations sur les ponts de chemins de fer. M. Kist indique le but de ces observations, développe des considérations sur la différence entre les tensions calculées et les tensions constatées et décrit un nouvel instrument dont le service fait usage pour relever les tensions dans les diverses parties du pont.

Compte de M. Baucke sur le Congrès de Stokholm, pour la résistance des matériaux.

Livraison du 21 mars 1898.

Communication de M. Van Voorst Vader, sur les moteurs de tramways. — L'auteur résume les législations relatives à la question

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning

et les résultats obtenus aux États-Unis et dans les divers pays de l'Europe, avec les différents systèmes de traction pour tramways. Ensuite, il fait une revue des moteurs employés en donnant un aperçu sur les frais d'exploitation, etc.

M. Leemans présente une communication d'intérêt historique sur les premières tentatives d'établissement de chemins de fer vicinaux dans les Pays-Bas.

M. Van Bosse donne un résumé de la législation sur les tramways, en vigueur dans les Indes orientales.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 10. — 5 mars 1898.

Nouveaux chemins de fer à crémaillère, par G. Brückmann *(suite)*.

Étude sur les pompes à air verticales sans clapet de pied, pour condenseurs, par K. Reinhardt.

Grue électrique pour service d'une machine à river hydraulique, à la fabrique de machines de Kolomna, par A. Müller.

Expériences sur une machine élévatoire à triple expansion pour le service des eaux de la ville de Saint-Gall, par A. Stodola *(fin)*.

Groupe de Thuringe. — Explosion d'une lessiveuse.

Groupe de Wurtemberg. — Machines élévatoires des établissements municipaux de Witten sur Rühr, Ulm et Gmünd.

Bibliographie. — Pratique de la construction des machines pour l'installations et le service des ateliers, par R. Grimshaw. — L'hydraulique et les moteurs hydrauliques, par G. Meissner. — La technique actuelle des chemins de fer, par Blum, von Borries et Barkhausen.

Variétés. — Admission des étrangers pour les études relatives à l'art de l'Ingénieur à l'École technique supérieur de Charlottenbourg.

N° 11. — 12 mars 1898.

Installations électriques de l'entrepôt des douanes à Hambourg, par H. Kimbach.

Nouveaux chemins de fer à crémaillère, par G. Brückmann *(suite)*.

Les machines agricoles aux X^{e} et XI^{e} Expositions de la Société allemande d'Agriculture du 11 au 15 juin 1896 à Stuttgard et du 17 au 21 juin 1897 à Hambourg par Gründke *(suite)*.

Groupe de Berlin de l'Association des chimistes allemands. — Les industries agricoles aux États-Unis et au Canada.

Bibliographie. — Nos écoles techniques supérieures à l'approche du XX^{e} siècle, par A. Riedler.

N° 12. — *19 Mars 1898.*

Chaudières et moteurs à vapeur à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne, à Leipzig en 1897. par Fr. Freytag *(suite)*.

Les machines-outils allemandes et américaines, par Fr. Ruppert.

Régulateurs à articulations équilibrées sans frottement, par O. Franiek.

Construction des crosses de têtes de piston, par G. Schwartz.

Groupe de Berlin. — Histoire et développement des phares. — Création d'une école technique moyenne à Berlin.

Groupe de Cologne. — Mesure de l'énergie électrique. — Suppression des incrustations de chaudières.

Réunion générale des maitres de forges allemands à Dusseldorf, le 27 février 1898.

N° 13. — *26 mars 1898.*

Chaudières et machines à vapeur à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne, à Leipzig en 1897, par Fr. Freytag *(suite)*.

Les machines agricoles aux X^e^ et XI^e^ Expositions de la Société allemande d'Agriculture, du 11 au 15 juin 1896 à Stuttgard et du 17 au 21 juin 1897, à Hambourg, par Grundke *(suite)*.

Sur les ruptures de volants, par F. Gœbel.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Les cuirassés modernes et leur valeur militaire actuelle.

Réunion générale des maitres de forges allemands à Düsseldorf, le 27 février 1898 *(fin)*.

Bibliographie. — Les étangs de trop-plein de Remscheid et description de diverses installations analogues, par K. Borchard.

Variétés. — Les chemins de fer allemands dans l'exercice 1896-1897.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. Mallet.

Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 7231-3-98. — (Encre Lorilleux)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AVRIL 1898

N° 4.

Sommaire des séances contenues dans le mois d'avril 1898 :

1° *Admissions :* Voir page 594.

2° *Arbitrage et de l'Expertise* (Traité théorique et pratique de l'). Analyse de l'ouvrage de M. Ravon, par M. P. Gassaud, et observations de M. M.-S. Périssé et E. Simon (Séance du 1er avril), page 596;

3° *Cinquantenaire de la Société* (Séance du 1er avril), page 596;

4° *Décès :* MM. Ch. Bouchet, J.-A. Hurtu, Ch.-A.-A. Dorémieux (Séances des 1er et 15 avril), pages 595 et 610;

5° *Décès du fils de M. Léon Molinos*, ancien Président de la Société (Séance du 15 avril), page 610;

6° *Décoration* (Séance du 15 avril), page 611;

7° *Exposition internationale et coloniale à Rochefort-sur-Mer*, de juin à octobre 1898 (Séance du 1er avril), page 595;

8° *Exposition de Prague.* Lettre de M. Huffzky (Séance du 15 avril), page 611.

9° *Fermes de combles.* Analyse de l'ouvrage de M. P. Planat, par M. E. Badois (Séance du 1er avril), page 599;

10° *Industrie minérale dans la région de l'Oural*, par M. P. Jannettaz (Séance du 15 avril), page 611;

11° *Lit fluvial* (Mécanisme du). Analyse de l'ouvrage de M. F. Lokhtine, par M. C. de Cordemoy et observations de MM. Fargue, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, R. Le Brun, J. Fleury et note de M. L.-L. Vauthier (Séances des 1er et 15 avril), pages 601 et 611;

12° *Machines annexes des installations mécaniques*, par M. Ch. Compère, et observations de MM. E. Badois, L. Rey et L. de Chasseloup-Laubat (Séance du 15 avril), page 615;

13° *Nomination*. M. Ch. Lucas, comme vice-président de la deuxième sous-Commission de la Commission du Vieux Paris (Séance du 1er avril), page 595.

14° *Notice nécrologique sur M. A. Gottschalk*, à envoyer au Sociétés étrangères (Séance du 1er avril), page 596;

15° *Ouvrages reçus. Présentations d'ouvrages:* (Séances des 1er et 15 avril), pages 591, 595 et 611.

16° *Présence à la séance de M. E.-L. Corthell*, membre correspondant de la Société, à New-York (Séance du 15 avril), page 608.

17° *Rivière Hoogly* (Amélioration de la). Analyse de l'ouvrage de M. L.-F. Vernon-Harcourt, par M. G. de Cordemoy (Séance du 1er avril), page 601;

18° *Tirage dans les navires* (Différents modes de), par M. L. de Chasseloup-Laubat, et observations de M. Bertin, directeur du Bureau technique, au Ministère de la Marine, et lettre de M. A. Lecomte (Séances des 1er et 15 avril), pages 606 et 609.

Mémoires contenus dans le bulletin d'avril 1898 :

19° *Bibliographie*, par M. A. Mallet, page 746;

20° *Chronique*, n° 220, par M. A. Mallet, page 727;

21° *Comptes Rendus*, — page 738;

22° *Cours d'eau à fond mobile* (Note sur quelques phénomènes observés dans les), par M. R. Le Brun, page 636;

23° *Installations mécaniques* (Consommation des machines annexes des), par M. Ch. Compère, page 662;

24° *Lit fluvial* (A propos de l'étude de M. Lokhtine, sur le mécanisme du), par M. C. de Cordemoy, page 621;

25° *Lit fluvial* (Brèves observations sur l'étude de M. Lokhtine, le mécanisme du), par M. L.-L. Vauthier, page 648;

26° *Locomotives* (Mémoires sur la question des) (traduit du russe). Analyse par M. A. Mallet, page 711;

27° *Rivière Hoogly* (Amélioration de la). Analyse de l'ouvrage de M. L.-F. Vernon-Harcourt, par M. C. de Cordemoy, page 619.

28° *Tirage dans les navires* (Les différents modes de), par M. L. de Chasseloup-Laubat, page 679.

29° *Planche* n° 208.

Pendant le mois d'avril 1898, la Société a reçu :

37379 — *Annuaire de l'Administration des Postes et des Télégraphes de France pour 1898. Janvier 1898. Soixante-huitième année. Manuel à l'usage du commerce, de la finance et de l'industrie.* Paris, Paul Dupont, 1898.

37380 à 37383 — De l'Institut égyptien. *Bulletin de l'Institut égyptien, Troisième série n° 7, Année 1896, n° 8. Fascicules 1, 2, 3.* Le Caire, Imprimerie Nationale, 1897.

37384 à 37388 — Dito. *Mémoires présentés à l'Institut égyptien et publiés sous les auspices de S. A. Abbas Pacha, khédive d'Égypte, Tome III. Fascicules 1, 2, 3, 4 et 5.* Le Caire, 1896 et 1897.

37389 — De M. Percy G. Shepherd. *The Principles of Geology as deduced from a study of the sedimentary formations in South Africa, by Percy G. Shepherd* (in-8° de 34 p.). London, J. A. K. Mackay, 1897.

37390 — De M. Edmond Peny (M. de la S.). *A propos des forces motrices hydrauliques, par Edmond Peny* (Extrait des Publications de la Société des Ingénieurs du Hainaut, tome VII, premier fascicule 1898, page 40) (in-8° de 19 p.). Liège, Desoer.

37391 — De la Chambre syndicale des Entrepreneurs de fumisterie. *Tarif des prix applicables aux travaux de fumisterie, de construction d'appareils de chauffage et de ventilation, 6e édition, 1897-1898* (in-4° de 68 p.). Paris, G. Delarue.

37392 — De M. Hayez, éditeur, de la part de M. Cacheux (M. de la S.). *Actes du Congrès international des habitations à bon marché, tenu à Bruxelles, juillet 1897, Publication faite par les soins du Secrétariat du Comité d'organisation* (in-8° de 546 p.). Bruxelles, Hayez, 1897.

37393 — De M. Otto Ossent. *Les travaux d'alimentation d'eau de la Chaux-de-Fonds, par Otto Ossent* (Extrait du Bulletin de la Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes) (in-8° de 21 p. avec 1 pl.). Lausanne, Georges Bridel, 1888.

37394 — Dito. *Formules donnant la résistance des pilots, par Otto Ossent* (Extrait de la Revue polytechnique suisse n° 16 du 16 avril 1892) (in-8° de 8 p.). Angora, 1892.

37395 — De M. J. Gaudard. *Barrage du Periyar. Barrage en voûtes, par J. Gaudard* (Extrait du Bulletin de la Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes) (in-8° de 35 p. avec 1 pl.). Lausanne, F. Rouge. Paris, Baudry et Cie, 1898.

37396 — De M. Langlois (M. de la S.). *Rupture du barrage de Bouzey, par Léon Langlois. Conférences faites à la Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers, les 19 et 26 juin 1897* (Extrait du Bulletin technologique de la Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers, décembre 1897) (in-8° de 188 p.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1898.

37397 — De la Revista de Obras Publicas. *Estudio sobre les grandes viaductos por Josué Eugenio Ribera* (Biblioteca de la Revista de Obras Publicas) (grand in-8° de XVI-317 p., 52 tabl. et 30 pl.). Madrid, Revista de Obras Publicas, 1897.

37398 — De l'Institution of Naval Architects. *Transactions of the Institution of Naval Architects. Volume XXXIX. International Congress Number, 1898.* London, Henry Sotheran and C°, 1898.

37399 — De l'Institution of Civil Engineers. *List of Members of the Institution of Civil Engineers, 1 January 1898.* London, Published by the Institution, 1898.

37400 à 37411 — De M. Léon Béguin (M. de la S.). *La locomotion automobile. Revue des voitures et véhicules mécaniques publiée sous le haut patronage du Touring Club de France, paraissant tous les huit jours, 5e année, 1898. Nos 1 à 12.* Paris 1898.

37412 — De MM. P. Vicq-Dunod et Cie, éditeurs (M. de la S.). *L'or dans la nature. Minéralogie. Géologie, Etudes des principaux gîtes aurifères. Statistique, par E. Cumenge et F. Robellaz. Premier fascicule* (grand in-8° de 106-IV pages). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, 1898.

37413 — De MM. Baudry et Cie, éditeurs. *Traité théorique et pratique de métallurgie: Zinc. Cadmium. Mercure. Bismuth. Étain. Antimoine. Arsenic. Nickel. Cobalt. Platine. Aluminium, par C. Schnabel. Traduit de l'allemand par le Dr L. Gautier* (grand in-8° de XIV-648 p., avec 373 fig.). Paris, Baudry et Cie, 1898.

37414 — De la Direction de l'Office du Travail. *République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du travail. Salaires et durée du travail dans l'industrie française. Tome IV. Renseignements généraux* (in-8° de 573 p.). Paris, Imp. Nat., 1897.

37415 — Dito. *République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du travail. Salaires et durée du travail dans l'industrie française. Album graphique de 29 tableaux.* Paris, Imp. Nat., 1897.

37416 — Dito. *République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du Travail. Les Associations ouvrières de production* (in-8° de 613 p.). Paris, Imp. Nat., 1897.

37417 — De M. Fritz Krauss. *Diesel's neuer Wärmemotor. Vortrag gehalten in der Vollversammlung des Oesterr. Ingenieur und Architekten Vereines am 22 Jänner 1898, von Ingenieur Fritz Krauss* (Sonder-Abdruck aus der Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur-und Architekten Vereines, 1898, N° 10) (in-8° de 19 p. avec 14 fig.). Wien, R. Spies und C°, 1898.

37418 — De l'United States Coast and Geodetic Survey. *Report of the Superintendent of the United States Coast and Geodetic Survey showing the Progress of the Work during the Fiscal Year ending with June 1896.* Washington, Government Printing Office, 1897.

37419 — De M. Sageret. *Sageret. Annuaire du Bâtiment, des Travaux publics et des Arts industriels. 68e année. 89e année de sa publication. 1898.* Paris.

37420 — De M. G. Bechmann. *L'assainissement de la Seine. Conférence faite le 16 novembre 1897, par M. G. Bechmann* (Extrait du Bulletin de février 1898 de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale) (petit in-4° de 32 p. avec 38 fig.). Paris, Chamerot et Renouard, 1898.

37420 *bis* à 37422 — De la Direction de l'Office du Travail. *République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction de l'Office du Travail. Statistique générale de la France : Tomes XX bis, XXI et XXII. Statistique annuelle. Années 1890-1891-1892. — Tome XXIII. Statistique annuelle. Année 1893. — Tome XXIV. Statistique annuelle. Année 1894.* Paris, Imp. Nat., 1895, 1896, 1897.

37423 et 37424 — Dito. *République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du Travail. Statistique générale de la France. Annuaire statistique de la France. — XVIe volume, 1895-1896. — XVIIe volume, 1897.* Paris, Imp. Nat., 1896, 1897.

37425 — Dito. *Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du travail. Note sur le minimum de salaire dans les travaux publics en Angleterre, en Belgique, en Hollande, en Suisse, aux États-Unis et en France (Analyse des documents officiels recueillis sur la demande du Conseil supérieur du travail).* (petit in-4° de 129 p.). Paris, Imp. Nat., 1897.

37426 — De M. A. Vierendeel. *Le pont Vierendeel. Examen du Rapport de MM. les Ingénieurs des Ponts et Chaussées : Lambin et Christophe, sur les expériences de Tervueren, par A. Vierendeel* (Annales des Travaux publics de Belgique, février 1898) (petit in-4° de 56 p. avec 2 pl.). Bruges, Charles Houdmont, mars 1898.

37427 — De M. J. Dubois, de la part de M. E. Cacheux (M. de la S.). *Congrès national des Habitations ouvrières et des Institutions de prévoyance. Anvers, 1894* (in-8° formant ensemble 572 p.). Anvers, F. de Coker, 1895.

37428 — De M. P. Vicq-Dunod (M. de la S.). *Les engins de manutention par G. Dumont et G. Baignères* (Extrait du journal Le Génie Civil) (in-8° de 157 p.). Paris, P. Vicq-Dunod et Cie, Le Génie Civil, 1898.

37429 — De MM. Égrot et Grangé (M. de la S.). *Les appareils de distillation-rectification continue, système Émile Guillaume* (in-8° de 33 p.). Paris, A. Davy.

37430 — De l'Inspector General of Customs. *China. Imperial Maritime Customs. III Miscellaneous Series; N° 6. List of the Chinese Lighthouses, Light Vessels, Buoys and Beacons for 1898.* Shanghai, 1898.

37431 — De la Society of Engineers. *Society of Engineers. Transactions for 1897, and General Index, 1857 to 1897.* London, E. and F. N. Spon, 1898.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril 1898, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

C.-J. Albaret,	présenté par MM.	Albaret, Baudry, Deharme.
J.-E. Albaret,	—	Albaret, Baudry, Deharme.
J.-Z. Barbier,	—	Albaret, Berton, L. Courtier.
H.-L.-P.-J. Bénard,	—	Barbier, Gallaud, Hutteau.
G. Brassaud,	—	Loreau, Le Blanc, Vinet.
L.-C. Cailliatte,	—	Bougault, Cailliatte, Camuset.
P.-A. Chamillard,	—	Anquetin, Denize, Marie.
Ch.-E.-A. Coclet,	—	Ameline, Chevrier, Morandiere.
P.-M.-E. David,	—	Loreau, Dumont, Jannettaz.
H. Desmaisons,	—	Loreau, Biver, Bonneville.
L.-J.-P. Dufès,	—	Loreau, Bertrand de Fontviolant, Lantrac.
L.-C. Dumas,	—	Besson, Fayol, Pourcel.
Ch.-A. Faber,	—	Damoiseau, de Grièges, Mazen.
L.-L. Grandin,	—	Loreau, Mesureur, Geay.
H. Horneman,	—	Bert, Bidet, Le Roy.
E. Kléber,	—	Loreau, Cornier, Blanchet.
H.-A. Letourneau,	—	Loreau, Le Cornec, Neveu.
C. Morel,	—	Badois, Bouvard, Duvillard.
F.-L. Poupardin,	—	Clément, Dollfus, Grosseteste.
J. Ribera,	—	Dimas Cabeza, Ibran, Junquera.
H. Silvestre,	—	Loreau, Saint-James, Scellier.
H. Somach,	—	Dumartin, E. de Marchena, A. de Marchena.
E.-L.-P. Turenne,	—	Barbier, Feray, Gallaud.
W. Verwey,	—	Cluysenaer, Post, de Koning.
G. Vinant,	—	Godfernaux, Level, Périssé.
Ch. Vouaux,	—	Ameline, Chevrier, Morandiere.

Comme Membres associés, MM. :

P.-H. Boulanger	présenté par MM.	Loreau, Biver, Guilbert-Martin.
P.-L. Chateau,	—	Abadie, Durupt, Retterer.
G. Doppelmair,	—	Loreau, Mallet, Zbyszewski.
A. Drion,	—	Loreau, Biver, Bonneville.
A.-H. Esnault-Pelterie,	—	Loreau, Badois, Rey.
L.-L. Nozal,	—	Loreau, Périer, Rey.
E. Sommier,	—	A. Boivin, E. Boivin, E. Sommier.
A. Trouvé,	—	Compère, Drin, Duclos.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1898

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er AVRIL 1898

PRÉSIDENCE DE M. A. LOREAU, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de :

M. Ch. Bouchet, membre de la Société depuis 1888, a été Ingénieur civil;

M. J.-A. Hurtu, membre de la Société depuis 1875, a été constructeur de machines et d'automobiles.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que :

M. Ch. Lucas, Architecte, a été nommé Vice-Président de la deuxième Sous-Commission (Fouilles archéologiques) de la Commission du *Vieux Paris* près la Préfecture de la Seine.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale, en raison de son mérite et de son actualité, le 1er fascicule de *L'or dans la nature; minéralogie, géologie, étude des principaux gîtes aurifères, statistique*, par MM. E. Cumence et F. Robellaz. Ce don nous a été fait par les éditeurs, MM. P. Vicq-Dunod et Cie.

Il signale en outre une conférence que notre Collègue M. J. de Coëne a faite, le 18 février, à la Société d'Economie industrielle et commerciale de Paris. Cette conférence, sur l'*Estuaire de la Seine et les ports du Havre et de Rouen*, se rattache précisément au sujet qui va être traité tout à l'heure devant la Société.

M. LE PRÉSIDENT donne avis qu'une Exposition internationale et coloniale aura lieu à Rochefort-sur-Mer, de juin à octobre prochains. Le

règlement et la classification générale de cette Exposition sont déposés au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de faire à la Société plusieurs communications agréables :

1° A propos du cinquantenaire il annonce, d'une part, que la *Revue du Génie Civil*, qui en sera le monument durable, est en excellente voie, et qu'il va être procédé à l'impression du premier rapport, après vérification faite par le Rapporteur général, M. G. Dumont; d'autre part, que la souscription dépasse actuellement 6 000 *f*, bien que les feuilles aient été envoyées il y a deux jours à peine. Il a le ferme espoir qu'on réalisera les sommes nécessaires, non seulement pour répondre aux éventualités du cinquantenaire, mais encore pour créer un fonds de réserve;

2° Il transmet à la Société les témoignages de sympathie dont il a eu le plaisir de recevoir lui-même l'expression, tant à la réunion récente du Syndicat Professionnel des Industries Électriques, qu'au meeting de l'Institution des Ingénieurs Civils de Londres. Il a rapporté de son voyage en Angleterre des indications précieuses sur le recrutement, le fonctionnement et le budget de cette puissante Association, qui réunit 7 000 membres et dispose de ressources supérieures aux nôtres;

3° Il annonce que nombre de Sociétés d'Ingénieurs de tous pays lui ont demandé la notice nécrologique de notre regretté Président Gottschalk. On ne pourra mieux faire que de leur adresser celle que notre ancien Président M. le sénateur Reymond vient de déposer sur le bureau du Comité. Le souvenir de Gottschalk y est rappelé en termes dignes de sa mémoire, et avec l'affection profonde qu'avait pour lui l'auteur de cette notice. M. LE PRÉSIDENT se fait un devoir d'en remercier M. Reymond en séance.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. P. Gassaud pour présenter l'ouvrage de M. Ravon, *Traité théorique et pratique de l'arbitrage et de l'expertise.*

M. P. GASSAUD rappelle que ce traité est dû à M. H. Ravon, architecte, connu par ses ouvrages justement appréciés sur les questions de jurisprudence spéciales au Bâtiment : il est l'un des auteurs du *Dictionnaire de la Propriété bâtie*, du *Traité de la responsabilité des Constructeurs* et du *Manuel pratique et juridique de la mitoyenneté.*

Le *Traité pratique et juridique de l'arbitrage et de l'expertise*, que l'éditeur E. Ducher a bien voulu offrir à la Société, sera consulté avec fruit par tous ceux de nos Collègues qui ont à s'occuper soit d'expertise soit d'arbitrage ; il intéresse aussi bien ceux, en nombre assez limité, qui sont spécialisés dans ces questions (car ils y trouveront, avec le texte de la loi, le commentaire donné par la doctrine et par la jurisprudence) que ceux, en beaucoup plus grand nombre, qui s'occupent exceptionnellement d'expertise ou d'arbitrage et pour qui un guide sûr est d'autant plus nécessaire.

M. Ravon fait ressortir l'importance des questions de fait et de droit qu'ont à examiner les experts et les arbitres, les précautions à prendre pour éviter les nullités de procédure, les responsabilités morales ou même

effectives qu'ils peuvent encourir. Il examine, dans des chapitres distincts, les expertises devant les juridictions spéciales ou ayant lieu dans des cas spéciaux, notamment l'expertise en matière de constructions en péril, dont il fait ressortir le peu de garantie. Il s'élève avec la plus grande énergie contre l'expertise en matière d'enregistrement, régie par la loi du 22 frimaire an VII, et appelle de tous ses vœux une réforme « qu'impose la plus élémentaire justice, même la simple équité ». Le chapitre relatif à la procédure en matière administrative, réglée par la loi du 22 juillet 1889, et dont il explique l'économie, constitue presque un code de procédure administrative.

Pour l'expertise en matière civile, il signale que le choix des experts est toujours réservé aux parties et que des experts ne sont désignés d'office que si les parties ne s'entendent pas sur ce choix dans les délais qui leur sont impartis. Et, à ce point de vue, M. Gassaud insiste sur cette absolue liberté. En matière administrative, chaque partie désigne, en principe, un expert et le Conseil de préfecture désigne un tiers expert; en matière civile, au contraire, à moins que les parties ne concluent à la nomination d'un expert unique, le Tribunal désigne d'office trois experts si les parties ne lui ont fait connaître les experts choisis par elles, d'un commun accord, dans les trois jours de la signification du jugement qui a fait cette désignation; les parties peuvent d'ailleurs avoir recours à un procédé quelconque pour faire leur choix : par exemple, chacune désigne un expert, et le tiers expert est un de ceux nommés par le Tribunal.

L'ouvrage de M. Ravon contient un très grand nombre de formules très bien rédigées qui le rendent particulièrement utile dans la pratique et économisent le temps de ceux qui le consulteront. Chaque chapitre est précédé d'un sommaire alphabétique renvoyant aux numéros des paragraphes qu'il désigne sous le nom d'index. L'ouvrage se termine par une table des chapitres très courte et par une table des index qui reproduit les sommaires.

Les diverss chapitres sont les suivants : *Avant-Propos ; — Arbitrage ; — Arbitrage entre patrons et ouvriers* (loi du 27 décembre 1892) ; — *Expertise ; — Expertise en justice de paix ; — Expertises obligatoires en matière civile ; — Expertise dans l'assurance incendie ; — Expertise en matière d'enregistrement ; — Expertise en matière de contributions directes ; — Expertise en matière de maison en péril ; — Expertise en matière administrative* (conseils de préfecture) ; — *Expertise en matière de travaux publics :* occupation temporaire, extraction de matériaux ; — *Expertise en matière commerciale ; — Expertises médicales ; — Responsabilité ; — Jurisprudence*, expertise en matière administrative.

M. Ravon aborde très franchement la question de responsabilité des experts et ne cherche pas à la restreindre.

Le chapitre relatif à l'arbitrage est très complet ; il contient notamment un paragraphe relatif à l'arbitrage devant nos consuls à l'étranger, ainsi qu'à l'arbitrage en matière de douanes, assez peu connu. M. Gassaud regrette toutefois que l'auteur n'ait pas exprimé son opinion sur la juridiction arbitrale, comme il l'a fait avec tant de force pour l'expertise enregistrement ; mais il lui paraît que, par les mêmes arguments et par *à fortiori*, M. Ravon doit être peu favorable à cette juridiction.

En matière d'expertise enregistrement le Tribunal, il est vrai, est lié par le résultat de l'expertise s'il ne veut l'annuler; mais, du moins, il a encore cette liberté de le rejeter complètement et d'ordonner qu'il sera procédé à une expertise nouvelle dans les mêmes formes. Au contraire, en matière d'arbitrage, le Président du Tribunal est tenu de rendre la sentence exécutoire, à moins que le jugement arbitral ne contienne quelque disposition contraire à l'ordre public. Si le Président a rendu son ordonnance mal à propos, ou s'il l'a indûment refusée, les parties se pourvoiront par assignation devant la juridiction civile et dans les formes ordinaires. Mais s'il s'agit simplement d'un mal-jugé et si, comme il arrive le plus souvent, les parties ont renoncé à l'appel (d'ordinaire même elles dispensent les arbitres d'observer les formes de procédure et les constituent amiables compositeurs), la sentence devra être exécutée sans qu'aucune voie de recours soit ouverte, quelque désastreuses qu'en soient les conséquences, alors même que l'erreur des arbitres serait manifeste.

M. Gassaud dit que, dans les affaires industrielles, on est souvent amené à s'en remettre à un ou plusieurs arbitres. Cette manière de faire peut, lorsqu'il s'agit d'une question très simple, présenter des avantages réels et même séduisants : économie de frais et rapidité de la solution. Mais le compromis n'en est pas moins un acte très grave, que la loi interdit à ceux qu'elle protège spécialement, comme les mineurs, les interdits, etc., tandis que, sous certaines garanties, elle leur permet la transaction. Du reste, la formule même des procurations indique bien la gravité des compromis : lorsqu'on veut donner à son mandataire les pouvoirs les plus étendus, on stipule qu'il aura le pouvoir de transiger (qu'il n'a pas sans clause spéciale), et *même* celui de compromettre. C'est qu'en effet, quand on transige, on sait quel est le sacrifice que l'on consent; on l'ignore quand on acquiesce à un arbitrage, qui ne présente pas, à beaucoup près, les garanties de juridiction organisées par la loi, avec les voies de recours ouvertes par le législateur. La procédure peut donner lieu à des lenteurs déplorables, même à des abus qui choquent : elle n'en est pas moins essentiellement tutélaire, et l'on ne doit renoncer à ses avantages qu'en parfaite connaissance de cause (1).

Au surplus, les avantages que l'on a surtout en vue lorsque l'on constitue des arbitres peuvent disparaître dans la pratique; et M. Ravon signale (p. 17) un arbitrage conclu le 15 juin 1878 qui ne s'est terminé que le 31 mars 1884, par un arrêt de la Chambre des Requêtes de la Cour de Cassation rejetant le pourvoi formé contre l'arrêt de la Cour d'Appel, qui avait maintenu l'ordonnance d'exequatur de la sentence arbitrale. Si la Chambre des Requêtes avait admis le pourvoi et que la

(1) M. Gassaud rappelle que le Code de Commerce (art. 51) avait imposé la juridiction arbitrale entre associés, en matière de Société, disposition qui est restée en vigueur de 1807 à 1856. C'est sur les réclamations unanimes du Commerce qu'est intervenue la loi du 17 juillet 1856, qui a supprimé l'arbitrage forcé en matière de Société.

C'est en s'inspirant de cette loi aussi bien que des travaux préparatoires qui en ont amené le vote, que la jurisprudence enlève toute sanction à la clause arbitrale. Cette solution a paru indispensable pour empêcher la loi de 1856 de rester lettre morte. Du reste, on considère comme contraire à l'ordre public que les parties renoncent ainsi aux garanties que leur offre la justice ordinaire.

Chambre civile eût cassé l'arrêt de la Cour d'Appel, il aurait fallu environ encore trois ans pour obtenir un nouvel arrêt qui aurait pu encore être déféré à la Cour de Cassation.

Au chapitre de la Responsabilité, M. Ravon indique encore (p. 299 et suiv.) quelles peuvent être, pour les parties, les conséquences d'une décision arbitrale. Il s'élève contre l'irresponsabilité des arbitres, reconnue en ce cas par la Cour suprême.

Quoi qu'il en soit M. Ravon n'émet aucune opinion ni pour ni contre la juridiction arbitrale. Aussi M. Gassaud a-t-il essayé d'en indiquer les dangers, sans toutefois en nier les avantages. Il n'entend pas déconseiller l'arbitrage d'une manière générale, mais il estime qu'il convient d'être très prudent, surtout lorsqu'on renonce à l'appel et qu'on institue un ou plusieurs arbitres amiables compositeurs.

L'ouvrage de M. Ravon est appelé à rendre de très réels services. M. Gassaud est heureux d'avoir été chargé d'en faire l'analyse et de le signaler à l'attention de ses Collègues.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. P. Gassaud d'avoir analysé un traité qui peut intéresser beaucoup de nos Collègues. S'adressant à M. S. Périssé qui lui a demandé la parole, il le prie de ne pas insister, la simple présentation d'un ouvrage ne lui paraissant pas entrainer une discussion sur le fond même de cet ouvrage.

M. S. PÉRISSÉ répond qu'il n'a pas l'intention de discuter le livre de M. Ravon, mais de répondre aux critiques de M. Gassaud sur l'arbitrage amiable, qui ne présente pas de dangers, mais des avantages réels. Si ces critiques doivent figurer au procès-verbal, il estime qu'elles doivent être accompagnées d'une réponse.

M. P. GASSAUD dit qu'il ne s'est pas arrêté aux avantages très réels que l'arbitrage peut présenter dans certains cas, parce qu'ils sautent aux yeux et apparaissent même comme séduisants : c'est précisément pour cela qu'il a tenu à en signaler les inconvénients, qu'on aperçoit moins bien.

M. E. SIMON pense que l'arbitrage, quand il est fait selon les règles et avec toute la prudence nécessaire, est toujours favorable aux parties : c'est la meilleure solution. M. Simon demande donc, avec M. Périssé, que cette opinion soit exprimée au procès-verbal, immédiatement après le compte rendu de M. Gassaud.

M. LE PRÉSIDENT dit que satisfaction sera donnée à MM. Périssé et Simon; il se félicite de pouvoir ainsi, tout en restant dans les limites imposées par l'ordre du jour, assurer à nouveau cette liberté de discussion qui est le grand attrait de nos séances.

Il donne ensuite la parole à M. Badois pour analyser l'ouvrage de M. P. Planat, sur les *Fermes de combles*.

M. ED. BADOIS dit que les deux volumes de cet important ouvrage, qui comporte 70 pages de texte in-folio et 154 planches ou tableaux, nous ont été offerts par notre Collègue M. Aulanier, éditeur de la revue *La Construction Moderne*.

L'auteur fait remarquer que, pour les fermes de charpentes métalliques, les constructeurs possèdent des méthodes de calcul ou des procédés graphiques qui permettent de déterminer facilement, et avec une suffisante exactitude, les efforts exercés sur chaque pièce; on en déduit la section qu'il est nécessaire de donner à cette pièce. Mais, pour les charpentes en bois, ces méthodes et procédés ne s'appliquent pas aussi directement, ni sous la même forme, sauf pour des cas très simples; et d'ailleurs les indications théoriques que l'on obtiendrait ne pourraient être appliquées directement dans la pratique.

Pour les charpentes en fer, en effet, les liaisons sont plus rigides que pour les charpentes en bois; et, dans celles-ci, la transmission des efforts au delà de l'assemblage ne se fait pas d'une façon uniforme. Il faut donc modifier les sections données par la théorie, en tenant compte du mode d'assemblage des pièces et des perturbations apportées par l'inégale répartition des efforts. Encore convient-il de remarquer que, dans les types usuels de charpentes en bois, il y a nécessairement flexion d'une ou plusieurs pièces, alors que les théories courantes supposent que les pièces ne doivent pas travailler par flexion; d'après cette remarque, les efforts tranchants devraient intervenir dans le calcul et le rendraient plus compliqué. Enfin, dans un grand nombre de types de fermes en bois figurent des jambes de force qui créent de multiples points d'appui et sont une cause d'indécision au sujet de la répartition de la charge totale sur les appuis.

De ces observations M. Planat conclut que le calcul des fermes de charpentes en bois est de beaucoup plus difficile et plus compliqué que celui des fermes métalliques, tandis que, à première vue, on aurait pu penser le contraire. Il croit que les praticiens ne peuvent s'imposer un travail aussi peu courant. Le but de son ouvrage est de présenter aux constructeurs, non pas le moyen d'obtenir les résultats dont ils ont besoin, mais ces résultats eux-mêmes, tout calculés par avance, mis en tableaux et contrôlés par ceux qu'une pratique très ancienne avait indiqués par de bons modèles.

L'auteur passe en revue les divers systèmes de charpentes habituellement employés. Il établit pour chacun d'eux les dimensions des pièces suivant les données variables: inclinaison, portée et écartement des fermes, charges produites par les différents modes de couverture. Il donne une série de tableaux, joints aux dessins des fermes usuelles, tableaux auxquels il suffit de se reporter pour trouver tous les éléments dont on a besoin.

M. Badois ne craint pas de dire que ce labeur considérable rend un véritable service aux Ingénieurs et aux Architectes; car, faute de pouvoir faire une étude suffisamment approfondie, on est souvent tenté d'exagérer les sections, ce qui est une cause de dépense et de lourdeur inutiles.

Pour donner une idée plus précise de ce travail, M. Badois cite l'exemple d'une ferme simple avec arbalétriers, entrait, faux-entrait, contrefiches, poinçon, contreventement et pannes; six tableaux sont donnés pour ce cas:

1°	Couverture en	zinc,	inclinaison	0,33,	charge par mètre carré,	80 *kg*
2°	—	ardoises,	—	0,60,	—	115
3°	—	tuiles mécan.	—	0,60,	—	130
4°	—	tuiles plates,	—	0,85,	—	145
5°	—	tuiles creuses,	—	0,48,	—	170
6°	—	tuiles maçées,	—	0,60,	—	225

Dans chacun de ces tableaux, on considère les écartements de fermes de 3 — 3,50 — 4 et 5 *m*, et les portées de 6 — 7 — 8 — 9 — 10 — 11 et 12 *m*. En regard de chaque division se trouve l'équarrissage correspondant des pièces de la charpente. Ainsi l'arbalétrier a 12×19 pour la portée de 6 *m* et l'écartement de 3 *m* ; il a 24×36 pour la portée de 12 *m* et l'écartement de 5 *m*. Les pannes ont de 13×17 à 22×32, suivant les données; et ainsi de suite.

Les en-têtes des tableaux rappellent d'ailleurs les figures des fermes et les charges sur les différentes pièces.

L'ensemble donne des renseignements pratiques sur les divers modèles, dont les principaux sont les suivants :

Fermes légères pour hangars ;
Fermes ordinaires avec contre-fiches ou faux entraits ;
Fermes d'atelier à versants inégaux ;
Fermes à la Mansard ;
Fermes à faux entrait remonté ;
Ferme à entrait retroussé ;
Fermes à tirants obliques ;
Fermes à entraits croisés ;
Fermes à entraits retroussés obliques ;
Fermes en arc avec liens pendants ;
Flèches de clocher.

Cette énumération suffit pour faire apprécier l'intérêt considérable et la valeur de l'ouvrage de M. P. Planat.

M. Badois termine en disant que nous devons remercier M. Aulanier du don qu'il a fait à la Société. Il rappelle que notre Collègue nous a précédemment offert un livre du même auteur sur la *Théorie des ciments armés, principes et applications*. Cette œuvre d'actualité sera consultée avec fruit par les Ingénieurs qui ont l'occasion d'utiliser ce nouveau mode de construction, dont les applications sont déjà si nombreuses et si dignes d'intérêt.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Badois de nous signaler un livre aussi intéressant et aussi utile au constructeur.

L'ordre du jour appelle la communication de M. de Cordemoy relative aux brochures de M. L. F. Vernon-Harcourt sur l'*Amélioration de la rivière Hoogli* et de M. F. Lokhtine sur le *Mécanisme du lit fluvial*. Avant de donner la parole à notre Collègue, si compétent en la matière, M. LE PRÉSIDENT se félicite d'avoir à ses côtés, d'une part, M. Fargue, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, qui est une lumière en ces questions et voudra bien nous éclairer, d'autre part M. Bertin, Directeur

du Bureau Technique au Ministère de la Marine, que nous avons eu déjà le plaisir d'entendre.

M. C. DE CORDEMOY présente d'abord la brochure de M. L. Vernon-Harcourt, dont les Ingénieurs français ont si souvent apprecié l'amabilité dans les Congrès. M. Harcourt ayant été appelé dans l'Inde par les Commissionnaires du Port a dressé un projet dont l'exécution ne coûterait guère plus de 5 millions et qui doit être immédiate.

Puis notre Collègue fait l'analyse de l'importante brochure du savant Ingénieur hydraulicien M. Lokhtine. Ce travail est un complément des belles recherches de M. Fargue sur la forme à donner au lit des rivières navigables.

L'auteur pose en principe que, seules, les hautes eaux forment le lit des cours d'eau ; il explique l'influence des courbes sur l'approfondissement et celle des portions rectilignes sur la formation des bancs.

Après cette partie théorique, M. Lokhtine expose des considérations nouvelles sur la fixité du lit, fixité qu'on peut déterminer d'après la grosseur du sable ou du gravier des dépôts. Il classe les rivières en deux catégories, les unes à profil rectiligne, les autres à profil en escalier et il montre qu'elles doivent être corrigées en suivant des méthodes différentes.

Cette partie pratique du travail est susceptible de rendre les plus grands services ; elle marque une étape très notable dans la voie des améliorations des cours d'eau.

M. de Cordemoy ajoute, en terminant, que la Société, mise au courant des remarquables travaux de M. Lokhtine, sera reconnaissante à l'auteur et au Ministère des Communications de Russie d'avoir bien voulu lui adresser ce mémoire, qui occupera une place d'élite dans sa bibliothèque.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. de Cordemoy, qui avait toute autorité pour nous présenter les travaux de MM. Vernon-Harcourt et Lokhtine, car il est, on se le rappelle, l'auteur d'un ouvrage sur les *Ports maritimes*, ouvrage que possède notre bibliothèque. La question qu'il vient de traiter a eu de tout temps une haute importance ; elle est plus particulièrement intéressante pour nous à l'heure actuelle, où des recherches sont faites en vue de rendre à la navigation un des plus grands fleuves de France, depuis trop longtemps inutilisé. On sait en effet qu'une Commission, présidée par M. l'Inspecteur général Fargue, est chargée d'étudier le problème de la « Loire navigable, entre Briare et Nantes ».

Il dit que la Société serait heureuse de connaître les appréciations personnelles de M. Fargue sur cette grosse question.

M. FARGUE, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, dit qu'il doit des remerciements à la Société pour l'honneur qu'elle lui fait en le recevant, à M. le Président et à M. de Cordemoy, pour la bienveillance avec laquelle ils ont bien voulu parler de ses modestes travaux. Il serait très heureux qu'on voulût bien lui accorder quelques instants pour lui permettre, non pas de compléter l'analyse de M. de Cordemoy, mais d'appeler l'attention sur certains points particuliers du travail si intéressant de M. Lokhtine.

Et d'abord, il croit qu'il serait utile de relever certaines inexactitudes

de ce travail, dues sans doute aux infidélités de traduction du texte français en russe et du texte russe en français : *traduttore traditore*, qui traduit trahit. Il est persuadé que ces inexactitudes ne tiennent qu'à des malentendus.

Cela dit, M. Fargue fait remarquer que les Ingénieurs français dont M. Lokhtine a cité les noms n'ont pas exclusivement étudié les basses eaux : ils ont considéré la rivière ramenée à son plus faible débit, c'est-à-dire à l'étiage, mais coulant dans le lit tel que le façonnent les hautes eaux de pleins bords.

D'un autre côté, M. Lokhtine reproche aux Ingénieurs français d'avoir eu recours au calcul analytique pour chercher la relation entre la forme en plan d'une rivière et son profil en long. Ce n'est pas exact : c'est par la méthode empirique et par la discussion des faits observés que ces Ingénieurs ont procédé. Il est vrai qu'on trouve dans leurs mémoires des considérations d'analyse mathématique ; mais elles ne sont qu'un moyen de définir et de tracer géométriquement des courbes satisfaisant à une condition dont la nécessité a été trouvée empiriquement, condition qui consiste dans la continuité de variation de la courbure.

Dans certains passages, la pensée véritable de l'auteur ne se dégage pas très nettement. Ainsi par exemple, à la page 26, il est dit qu'on ne peut changer la disposition en plan d'une rivière ; qu'il faut admettre qu'à certains endroits la berge est plus attaquable que dans d'autres. A un autre passage, il est dit que l'Ingénieur ne peut absolument pas modifier la pente de la rivière. Prises au pied de la lettre, ces assertions ne sont pas exactes. L'Ingénieur peut, dans une certaine mesure, changer la disposition en plan d'une rivière ; il peut faire des rives artificielles et, par des revêtements, donner au lit une résistance artificielle plus grande que la résistance naturelle ; il peut, par des dragages, exercer une action très sensible sur la distribution des pentes de la rivière : M. Fargue a constaté, sur la Garonne et sur le Rhône, des abaissements d'étiage qui ont atteint jusqu'à 1,75 *m* ; enfin, l'Ingénieur peut aussi modifier la pente naturelle, en interposant dans le cours de la rivière un certain nombre de barrages. Tout cela est si évident qu'il n'est pas probable que l'auteur ait voulu dire le contraire.

Cela posé, M. Fargue aborde l'examen de l'ouvrage en lui-même. Les premières pages sont consacrées à l'exposé détaillé de ce fait, que les profils en long d'une même rivière, pour des débits différents, ne sont pas parallèles entre eux. Ce que dit l'auteur est juste, mais seulement à titre de confirmation d'une loi générale connue.

M. Lokhtine écrit que, si une concavité provoque un creusement du fond, c'est moins par son action sur le profil transversal que par celle qu'elle exerce sur le profil longitudinal des hautes eaux. Toute rive concave, dit-il, forme obstacle au mouvement rectiligne de l'eau, et provoque par suite un remous qui diminue la pente et la vitesse en amont et les augmente en aval. L'auteur produit à cet égard deux documents : un plan et un profil en long. Si on les regarde d'un peu près, on voit que les faits ne sont pas bien probants. M. Fargue estime que, jusqu'à nouvel ordre, il faudra s'en tenir aux explications auxquelles nous sommes accoutumés, à savoir : que c'est au relèvement de l'eau le long de

la concavité que sont dus le creusement du chenal et le déversement des matières sur la rive convexe.

La considération du coefficient de fixité du lit est vraiment l'idée principale et originale de l'ouvrage. Nous savions tous que, dans telle rivière, le lit est plus résistant, plus fixe que dans telle autre : mais c'était une notion vague que personne n'avait eu l'idée de préciser par un chiffre. M. Lokhtine a mesuré la fixité du lit de neuf rivières par le rapport du diamètre moyen *d* des matériaux charriés à la pente *h* de la rivière. C'est une idée des plus heureuses que M. Fargue regarde comme susceptible de servir de point de départ à des recherches fort intéressantes. Elle sera, dans la pratique, d'une incontestable utilité.

Quant à la conclusion finale de l'auteur sur la nature des travaux de correction d'une rivière, il faut convenir qu'on ne l'aperçoit pas bien nettement. Il semble que cette conclusion serait la suivante : Si le coefficient de fixité d'une rivière est très faible, le tracé des rives artificielles importe peu ; il suffit de procéder par resserrement continu, de rendre les berges inattaquables et de donner au fond une résistance artificielle supérieure à la résistance naturelle ; elle s'augmentera, non seulement par le triage qu'opère le courant en entrainant les matériaux les plus ténus et en laissant en place les matériaux les plus gros, mais aussi au moyen d'ouvrages spéciaux convenablement combinés, tels que tapissages du fond, épis noyés plongeants, etc. — Si le coefficient de fixité est très fort, il faut et il suffit que les rives artificielles soient rationnellement tracées. — Sur les points où l'abaissement de l'étiage présenterait des inconvénients pour la navigation, il y sera pourvu au moyen de barrages éclusés. D'une manière générale, il faudra recourir à la fois à la méthode du tracé rationnel de rives artificielles et à celle des épis noyés, ces deux méthodes étant associées dans une mesure indiquée par la valeur numérique du coefficient de fixité.

Si ce n'est pas là la conclusion de l'auteur, c'est au moins celle qui se dégage logiquement de la discussion de son ouvrage. Suivant M. Fargue, elle constitue une très intéressante contribution à la science et mérite d'être recommandée à l'attention des Ingénieurs. *(Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. l'Inspecteur général Fargue des intéressantes explications qu'il a bien voulu nous apporter. Il prie ensuite M. Le Brun de nous exposer les résultats de ses études et de ses travaux sur la question.

M. R. LE BRUN présente quelques observations sur les phénomènes qui se produisent dans la partie torrentielle des cours d'eau. Dans les gorges et sur le cône de déjection, les crues paraissent procéder par ondes successives dues aux éboulements des rives, qui font cheminer les gros matériaux par une succession de dépôts et de reprises.

Il expose quelques-unes des circonstances à la suite desquelles se forment les faux bras, les chenaux secondaires et les divagations du courant principal.

Il étudie enfin quelques particularités de l'*action des courants les uns sur les autres* et indique les conséquences de ces actions pour l'amélioration des cours d'eau jusque dans les estuaires.

M. Le Brun conclut en exprimant le vœu: 1° que les expériences commencées par M. Fargue, à Bordeaux, et par M. Vernon-Harcourt, en Angleterre, soient étendues à l'étude rationnelle de ces phénomènes encore mal connus et dont la connaissance serait utile pour la solution de ces problèmes d'une si haute importance; 2° que, dans les futurs congrès de navigation, une commission soit nommée pour en étudier le programme et rechercher les moyens de la mise à exécution.

M. LE PRÉSIDENT est très heureux de transmettre à M. Le Brun nos félicitations et celles de M. Fargue qui lui demande d'ajouter quelques mots à ce qui vient d'être dit.

M. FARGUE se félicite de retrouver à la Société M. Le Brun qui est pour lui une ancienne connaissance et dont il apprécie beaucoup les travaux. Il estime avec lui qu'on devrait entrer plus résolument dans la voie des expériences en petit; pour sa part, dans le cours de sa carrière, il s'est toujours attaché à cette méthode expérimentale, et il pense que le moment est venu de l'appliquer aux travaux de la Loire.

M. LE PRÉSIDENT émet le vœu qu'une solution intervienne prochainement, puis il demande à M. Fleury de prendre la parole.

M. J. FLEURY soumet à la Société quelques réflexions sur l'état d'avancement de la science de l'hydraulique fluviale. Il rappelle combien les expérimentations sur des canaux artificiels de petite dimension, usitées par les Ingénieurs et les savants du commencement de ce siècle, étaient peu propres à renseigner exactement sur ce qui se passe dans les phénomènes naturels. Mais l'expérimentation en grand est pratiquement impossible; l'observation est très délicate, très difficile, en raison de la complexité des faits. Ce qui sera vrai pour une rivière ne s'appliquera pas à une autre; car il n'y a pas deux cours d'eau placés dans des situations — il ne dira pas identiques, — mais analogues. Ce sont des questions d'espèces, et chacune doit être résolue isolément. A l'appui de cette assertion, M. Fleury cite les conclusions formulées au Congrès de la Haye, au nom de la quatrième section.

L'hydraulique fluviale est une science à ses débuts: les travaux de M. Fargue sur la Garonne ont donné le branle à une méthode d'observation ingénieuse et nouvelle; mais ces travaux ne pouvaient pas fournir des règles d'une portée générale. Les ingénieurs qui, comme M. Lokhtine, marchent sur les traces de M. Fargue, apportent de précieuses contributions à cette science naissante dont les accroissements ne se feront que lentement. Aussi ne faut-il pas se hâter de transformer des observations locales en lois d'ordre général.

D'ailleurs, l'amélioration même du lit d'une rivière n'est pas la ressource unique: quand il s'agit de créer, dans une vallée, une voie navigable, on a le choix entre trois procédés: le canal latéral, la rivière canalisée, la rivière améliorée. C'est par des considérations d'ordre divers, et principalement d'ordre économique, qu'on doit se guider dans le choix à faire entre ces trois procédés. De toutes façons, il faut du temps et de l'argent. Aussi, avant de décider la création d'une voie navigable, doit-on tout d'abord en démontrer l'utilité.

En terminant, M. Fleury est heureux de saluer, en M. Fargue, un des maîtres les plus éminents de l'hydraulique fluviale.

M. le Président remercie M. Fleury de son intéressante communication. C'est bien au point vue technique et économique que se poursuit actuellement l'étude de la question de la Loire navigable de Nantes à Briare.

Il donne la parole à M. de Chasseloup-Laubat pour sa communication sur les *différents modes de tirage dans les navires*.

M. L. de Chasseloup-Laubat déclare que, l'heure étant avancée, il sera très bref, d'autant plus que nous avons le plaisir d'avoir M. Bertin, Directeur du Bureau Technique au Ministère de la Marine, qui pourra mieux que lui donner un aperçu intéressant sur les modes de tirage à bord des bâtiments de guerre.

M. de Chasseloup-Laubat dit qu'il est amené à étudier la question de tirage comme suite à son étude sur les chaudières marines, car il serait inutile de s'ingénier à construire des appareils évaporatoires capables de supporter des chauffes spécifiques intenses si, d'un autre côté, on ne parvenait pas à brûler convenablement de grandes quantités de combustible par unité de surface de grille.

Il parle d'abord du tirage naturel et montre combien est limitée la pression qui produit le passage de l'air à travers les appareils évaporatoires.

Puis il examine la question du tirage au double point de vue de l'intensité de la chauffe et de l'économie du combustible : il montre que dans chacun de ces deux cas l'on est forcément amené à l'emploi du tirage artificiel, ou tirage forcé, qui peut être obtenu de trois manières différentes :

1° Le vase clos, constitué par une chambre de chauffe hermétiquement fermée dans laquelle on refoule l'air ;

2° Le cendrier clos, disposition par laquelle on refoule l'air, à une pression plus grande que la pression atmosphérique, dans le cendrier ou le foyer, que doivent séparer de la chambre de chauffe des portes qui ferment hermétiquement ;

3° Le tirage induit, que l'on effectue à l'aide d'un ventilateur aspirant placé à la base de la cheminée.

Ces trois systèmes peuvent être employés également avec réchauffage de l'air de combustion ou réchauffage de l'eau d'alimentation.

M. de Chasseloup-Laubat décrit les dispositifs les plus usités dans la pratique : comme pour les chaudières marines, il conclut que la perfection n'existe pas et que chacune des solutions a ses avantages et ses inconvénients. Pourtant, il fait remarquer que le vase clos et le cendrier clos ont plus d'applications que le tirage induit ; et il pense que le système Howden, c'est-à-dire le cendrier clos avec réchauffage d'air, est plus particulièrement indiqué pour la marine marchande.

M. le Président remercie M. de Chasseloup-Laubat de son intéressante étude, qui complète heureusement celles qu'il nous a déjà présentées.

Il demande à M. le Directeur du Bureau Technique s'il veut bien nous donner son opinion sur cette importante question.

M. Bertin, Directeur du Bureau Technique, répond qu'elle vient d'être exposée de façon claire par M. de Chasseloup-Laubat. Les trois modes de tirage forcé dont il nous a parlé ont effectivement leurs qualités spéciales et leurs inconvénients ; n'étaient les complications et les difficultés d'installation, le mieux serait de les réunir, ce qui résoudrait heureusement le problème. Si en même temps qu'on souffle dans le cendrier on y faisait une rentrée d'air, cela permettrait d'ouvrir la porte du cendrier sans avoir la tempête d'air qui s'y déchaîne ; mais M. Bertin ne croit pas qu'on se résolve encore à accepter une solution aussi compliquée.

Dans les locomotives, le tirage est excellent grâce aux dispositifs qu'on connait. Avec les chaudières marines, la question est plus difficile, et, entre les trois systèmes proposés, il n'y a pas grande différence de principes : c'est affaire d'installation et d'opportunité. Travailler dans une chambre complètement close où, pour enlever un seau d'escarbilles, il faut le passer à travers un sas, est une solution qui ne laisse pas que de faire sur les chauffeurs une impression défavorable ; au début, ils regardaient de quel côté ils pourraient se sauver. Le moyen le plus commode est celui où l'on souffle dans la cheminée, soit avec le ventilateur, soit en lançant des jets d'air ; on l'avait abandonné, on y est revenu, par un singulier retour, pour les chaudières terrestres.

Tous les systèmes se ressemblent un peu et donnent, à quelque chose près, les mêmes résultats. Ce qui importe, c'est d'en adopter un, parce que le tirage forcé est le seul moyen de réaliser un grand progrès dans la chaudière marine.

Le véritable perfectionnement des machines marines a été dans l'amélioration du rendement. Quand on consommait, il y a 50 ans, 3,6 *kg* de charbon par cheval, presque toute la chaleur reçue à l'admission de la vapeur allait au condenseur; c'est en utilisant 500 0/0 de plus de cette chaleur, qu'on a pu réduire à 0,70 *kg* la consommation de charbon par cheval. Mais, la chaudière qui semblait un appareil grossier, était en réalité moins imparfaite, si bien, que, dans la même période, on n'a guère accru que de 5 0/0 son utilisation de la chaleur.

Aujourd'hui, il est permis sans doute d'améliorer encore le rendement des chaudières, de gagner 5 0/0, même 10 0/0 et peut-être un peu davantage. Ce n'est là qu'un résultat d'importance secondaire. Le but auquel il faut viser, pour les chaudières marines, est l'accroissement de leur puissance, bien plus que celui de leur rendement.

C'est ainsi que l'adoption du tirage forcé s'est imposée et s'impose, malgré les difficultés pratiques à surmonter. La voie indiquée par M. de Chasseloup-Laubat est bien celle qu'il faut suivre, et, dans les systèmes qu'il a décrits, se trouve la solution cherchée pour des progrès nouveaux. *(Applaudissements.)*

M. le Président souhaite que cette solution soit prochaine et remercie M. le Directeur du Bureau Technique d'avoir si clairement résumé les moyens propres à la hâter.

Il constate que, aussi bien pour l'amélioration des fleuves que pour l'amélioration des chaudières, l'Ingénieur a fait beaucoup et qu'il lui reste beaucoup à faire.

Il est donné lecture, en première présentation, de la proposition de nommer membre honoraire M. Alfred Picard, Commissaire Général de l'Exposition. Cette proposition est signée de MM. A. Loreau, G. Dumont et J. Mesureur. M. le Président dit que, conformément au règlement, le vote définitif aura lieu le 6 mai; il se réjouit de voir bientôt parmi nos membres honoraires, l'éminent Commissaire Général de l'Exposition, qui s'est toujours mis à notre disposition de la façon la plus large et la plus gracieuse.

Il est ensuite donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. C.-J. Albaret, J.-E. Albaret, J.-Z. Barbier, G. Brassaud, P.-A. Chamillard, Ch.-E.-A. Coclet, L.-J.-P. Dufès, L.-L. Grandin, H.-L.-P.-J. Bénard, C. Morel, F.-L. Poupardin, H. Silvestre, H. Somach, E.-L.-P. Turenne, Ch. Vouaux, W. Vervey, H. Desmaisons, comme membres sociétaires :

MM. P.-L. Chateau, G. Doppelmair, L.-L. Nozal, E. Sommier, A. Trouvé, P.-H. Boulanger, A. Drion, A.-H. Esnault-Pelterie, comme membres associés.

MM. L.-C. Cailliatte, L.-C. Dumas, Ch.-A. Faber, H. Horneman, E. Kléber, H.-A. Letourneau, J. Ribera, G. Vinant, P.-M.-E. David, sont reçus membres sociétaires.

La Séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
R. Soreau.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 AVRIL 1898

Présidence de M. E. Badois, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. le Président dit que M. Loreau, étant retenu dans le Loiret par la session du Conseil général, n'a pu venir aujourd'hui à la séance; c'est ce qui lui procure l'honneur d'être au fauteuil présidentiel.

M. le Président annonce que nous avons le très grand honneur et le plaisir de voir assis au Bureau M. E. Corthell, membre correspondant de notre Société et bien connu de tous. En effet, M. Corthell a été l'un des organisateurs les plus actifs du voyage fait par la Société à Chicago.

et tous ceux qui ont suivi ce voyage se souviennent combien M. Corthell a été aimable et courtois pour toute la délégation de notre Société.

M. LE PRÉSIDENT souhaite donc la bienvenue à M. Corthell.

M. CORTHELL répond quelques mots en anglais.

M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT veut bien se charger de les traduire et s'exprime ainsi :

» Messieurs. M. Corthell dit qu'il a fait en 1893 tout ce qu'il a pu à notre égard, mais pas autant qu'il l'aurait désiré. Il était extrêmement souffrant, lors de notre visite à Chicago. Je me rappelle personnellement que, bien que couché et malade, il s'est occupé de tous les détails avec un dévouement dont nous devons lui savoir beaucoup de gré. Ce ne sont pas les paroles de M. Corthell ; c'est ma traduction, et — qui traduit trahit.

M. Corthell dit qu'il est très heureux d'être parmi nous.

J'ajouterai que son nom est, aux États-Unis, parmi ceux des Ingénieurs les plus connus. Il a travaillé avec M. Eads à l'approfondissement du Mississipi. C'est une question à l'ordre du jour, puisque la dernière séance de notre Société a été consacrée à la question de l'amélioration des rivières et des fleuves. Il est regrettable que M. Corthell n'ait pas été ici à ce moment, car les magnifiques travaux qu'il a faits sur le Mississipi auraient pu être analysés rapidement et apporter un nouvel intérêt à la discussion. » (*Applaudissements.*)

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Corthell des paroles qu'il a prononcées et M. de Chasseloup-Laubat de la traduction qu'il nous en a faite.

M. LE PRÉSIDENT communique, à propos du procès-verbal de la dernière séance, la lettre suivante de M. Lecomte :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» La dernière séance s'étant terminée un peu tard, je n'ai pu ajouter un mot à la très intéressante communication de notre Collègue M. L. de Chasseloup-Laubat, concernant le mode de tirage employé à bord des navires.

» M. de Chasseloup-Laubat disait que dans certaines installations, où le tirage a lieu par insufflation, on avait obtenu certains avantages, en chauffant au préalable l'air de combustion par son passage dans un appareil à tube chauffé par les fumées.

» Et M. de Chasseloup-Laubat ajoutait que le résultat économique obtenu par ce procédé était plus grand que celui sur lequel on devrait compter si l'on considère seulement l'augmentation de température gagnée par l'air avant son admission sous la grille.

» L'affirmation de M. de Chasseloup-Laubat est absolument juste et on peut l'établir par l'argumentation suivante :

» Dans une installation par insufflation, la vitesse de l'air à l'arrivée sous la grille est réglée par la vitesse de rotation du ventilateur ; on fait tourner ce dernier plus ou moins vite selon que l'on veut activer ou ralentir les feux.

» Si l'on admet que les gaz sortent à une température de 350° dans

la cheminée et qu'on compte sur une admission de 20 *kg* d'air froid par kilogramme de charbon, on a une perte de chaleur par la cheminée de :

$$20\,kg \times 0{,}237 \times 350^{\circ} = 1\,660 \text{ calories},$$

soit, avec du charbon développant 7 500 calories au kilogramme, une perte de 22 0/0.

» Quant à la température prise par l'air, par son passage à travers le réchauffeur, je pense qu'on peut la fixer à 120° en se basant sur les essais effectués par Carcanagues (Annales des mines, 1896).

» Par cette augmentation de température, le volume devient :

$$V \times (1 + \alpha t) = 1{,}44$$

» Mais, si on alimente le foyer avec de l'air dilaté, la combustion s'accomplit bien plus rapidement, à une température plus élevée, la pression augmente et le chauffeur est amené à réduire la vitesse du ventilateur; on peut admettre, en étant bien près de la vérité, que le chauffeur réduira la vitesse jusqu'à ce que le volume passant à travers la grille soit le même que précédemment. Le poids d'air admis sera par contre diminué dans le rapport même de la dilatation de l'air et le poids d'air comburant sera en chiffres ronds : $\frac{20}{1{,}44} = 14\ kg$.

» Ces 14 *kg* auront récupéré :

$$14\ kg \times 0{,}237 \times 120^{\circ} = 398 \text{ calories},$$

soit 5,3 0/0 de la chaleur contenue dans le charbon.

» Mais, d'autre part, nous n'aurons plus que 14 *kg* d'air à 350° s'échappant par la cheminée et notre perte sera réduite à :

$$\frac{1\,660 \times 14}{20} = 1\,160 \text{ calories},$$

soit 500 calories de moins que dans le cas précédent, qui, ajoutées aux 400 calories récupérées, font 900 calories, soit, par rapport à la houille à 7 500 calories au kilogramme de charbon brut, une économie de 12 0/0.

» J'ai vu des résultats un peu plus élevés avec le fumivore Clément, ce qui m'autorise à penser que les choses doivent se passer ainsi que je les ai décrites, ce qui confirme entièrement l'observation si juste faite par M. de Chasseloup-Laubat.

» Veuillez agréer, M. le Président, etc.

» A. Lecomte. »

Le procès-verbal de la dernière séance est ensuite adopté.

M. le Président a le regret d'avoir à donner connaissance d'un deuil qui a frappé l'un de nos anciens présidents, M. L. Molinos a eu la douleur de perdre son fils; un grand nombre de nos Collègues, prévenus à la dernière heure, ont pu assister aux obsèques et apporter à notre ancien Président l'hommage de leur sympathie.

M. le Président a un autre décès à signaler, celui de notre Collègue, M. Ch.-A.-A. Dorémieux, maître de forges.

L'un des fils de M. Dorémieux, qui s'était fait une spécialité dans la fabrication des chaînes, est membre de la Société. Nous le prierons

de vouloir bien communiquer aux membres de la famille les témoignages de sympathie de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que notre Collègue, M. M.-A. Brancher, a été nommé officier de l'Instruction publique.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale spécialement le second volume du *Traité de Métallurgie*, de Schnabel, traduit par M. L. Gautier. Cet ouvrage nous a été offert par M. Baudry et Cie, éditeurs. Une notice bibliographique en sera faite au Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT donne connaissance, à propos de l'Exposition de Prague, d'une nouvelle lettre de M. Huffzky, où il appelle encore l'attention de la Société sur l'Exposition qui doit avoir lieu à Prague, du 15 juin au 15 septembre, et surtout sur la partie spéciale aux moteurs et outils de la petite industrie, qui ne se construisent pas en Bohême.

Les fabricants français qui voudront y participer, peuvent s'adresser à M. le Consul de France, à Prague, ou à M. Huffzky.

D'ailleurs, le programme est déposé au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT dit que notre Collègue M. L.-L. Vauthier a transmis à la Société, une note à propos de la récente communication de M. de Cordemoy sur l'*Amélioration des rivières* et le *Mécanisme du lit fluvial*. M. Vauthier, qui connaît dans tous leurs détails ces questions, a pris la peine de rédiger quelques observations dont il ne peut donner lecture, étant absent de Paris. Elles paraîtront dans le Bulletin, à la suite de la communication de M. de Cordemoy.

L'ordre du jour appelle la communication de M. P. Jannettaz sur *l'Industrie minérale dans la région de l'Oural*.

M. P. JANNETTAZ rappelle que de nombreuses publications ont été faites sur l'industrie minérale dans la Russie du Sud. Notre ancien président, M. A. Brûll, a, en particulier, présenté à la Société une étude sur le bassin du Donetz, rédigée avec sa compétence toute spéciale. Au contraire, les publications sur l'industrie minérale dans les monts Ourals sont rares ; c'est pourquoi, ayant participé au voyage d'études fait, à la fin de l'été dernier, dans cette région, par le Congrès géologique international, et ayant visité un grand nombre de mines, de placers et d'usines métallurgiques, M. Jannettaz a préparé le mémoire qu'il a l'honneur de présenter ce soir à la Société.

Il a complété, au point de vue général, les notes de voyage qu'il avait prises, au moyen de documents tirés de publications russes ; relativement aux installations ; il ne parlera que de celles qu'il a visitées, de sorte qu'il sera forcé d'en passer sous silence un grand nombre malgré leur importance.

D'ailleurs, il se propose, avant l'impression de son travail au *Bulletin* de le compléter encore sur certains points, grâce à des documents qui, dans un tout récent voyage à Saint-Pétersbourg, lui ont été communiqués par des Ingénieurs russes.

Le mémoire qu'il présente à la Société débute par quelques extraits de publications faites en Russie et notamment de *la Revue économique russe*, qui montrent combien on s'est, dans ces derniers temps, préoc-

cupé du développement de l'industrie minière et métallurgique, dans l'Oural.

Une des études citées se rapporte à un projet d'organisation d'une banque industrielle destinée à fournir des crédits aux mines et aux usines pour leur permettre de transformer leur matériel et de développer leurs exploitations.

Une autre est relative à la nécessité d'étendre le réseau des chemins de fer pour améliorer les conditions de transport, qui sont très défavorables actuellement.

Au point de vue géologique, les faits les plus saillants sont que l'Oural est une chaîne plissée comme le Jura et que ses deux versants sont dissymétriques. Le versant oriental, est composé de roches cristallines massives (granite passant à des syénites, diabase et serpentine), recouvertes en Sibérie par les sédiments qu'a déposés une mer tertiaire.

Sur le versant occidental se montrent : des schistes cristallins (dont les géologues russes attribuent la formation à des phénomènes de métamorphisme), et des roches appartenant aux terrains dévonien et carbonifère ; plus à l'ouest, on trouve les terrains permo-carbonifère et permien.

Passant à l'*organisation administrative et minière*, M. Jannettaz explique la division des territoires de l'Oural, sur la grande carte en douze feuilles, éditée par le Département des Mines.

Celle-ci indique les domaines des usines de l'État ou de *la Couronne* ; ceux des usines *possessionées*, c'est-à-dire situés sur des terrains appartenant à l'État, mais concédés à des particuliers pour les exploiter ; ceux des usines privées ; enfin, les territoires appartenant aux Cosaques et aux Bachkirs.

Vient ensuite le résumé de la *législation* et la liste des impôts relatifs aux différents produits. Puis la *statistique*, qui est facile à établir, au moins jusqu'en 1895, grâce à l'excellente publication que fait paraître chaque année sous le titre : *Statistique de l'Industrie minérale en Russie*, M. Lorantski, Sous-Directeur de l'Institut des Mines de Saint-Pétersbourg.

M. Jannettaz signale ensuite qu'il a pu faire un résumé de l'état de l'industrie dans les districts les plus importants de l'Oural, grâce à l'extrême obligeance de M. Kouznetzoff, Directeur des usines de Viatka, qui a une connaissance approfondie de toute l'industrie minérale de cette région.

Les *combustibles* que l'industrie minérale utilise dans l'Oural sont nombreux : houille, coke, tourbe, bois, charbon de bois, naphte.

La *houille* n'est que peu employée. Si le terrain carbonifère s'étend sur le versant ouest de l'Oural, suivant une longue bande à peu près ininterrompue, et si on y a trouvé la houille en différents points, on ne l'exploite que dans une région assez limitée ; elle est d'ailleurs de qualité médiocre ; sur le versant est, on trouve également la houille en certains points qui ont jadis été exploités.

La *tourbe* couvre de grandes étendues, notamment sur les placers aurifères, où on l'utilise souvent comme combustible. Dans le district de Verkisert on en fait même des briquettes.

Le *bois* est employé dans un grand nombre de fours à puddler et aussi dans des gazogènes alimentant des fours Martin, gazogènes sur lesquels d'intéressants renseignements ont été donnés par notre Collègue, M. Valton, dans sa traduction de l'important *Traité de Métallurgie du fer*, de Ledebur.

Mais c'est surtout après carbonisation que l'on emploie le bois. Le *charbon de bois* joue un rôle prépondérant dans tout l'Oural. La carbonisation se fait soit en meules, soit dans des fours.

Les résidus de distillation du *naphte* sont employés dans beaucoup d'usines, surtout dans la partie sud de l'Oural. L'application du naphte au four Martin faite, depuis quelque temps déjà, à l'usine métallurgique de Moscou que dirige notre Collègue, M. Goujon, est particulièrement intéressante pour l'Oural.

Les *minerais de fer* de l'Oural sont : la magnétite (montagne Magnitkaia, montagne Visokaia, mont Blagodat), l'hématite brune, dans le sud de l'Oural et dans la zone moyenne, notamment à Bakal, le fer oligiste dans le nord de l'Oural, l'hématite rouge et la sidérose à l'ouest.

M. Jannettaz passe en revue ces gisements au point de vue géologique et au point de vue de l'*exploitation*. Celle-ci se fait d'une façon très primitive et qui serait susceptible de perfectionnements.

Les *hauts fourneaux* marchent au charbon de bois; ils sont, en général, de moyennes dimensions et produisent une vingtaine de tonnes en vingt-quatre heures. Les vieux types sont encore nombreux, mais certaines installations comportent des fours de construction moderne, tels ceux des usines de la Société française, installée à Tchussovaia.

Les hauts fourneaux sont, d'ordinaire, placés dans des bâtiments entièrement clos et couverts par des coupoles d'un aspect tout spécial.

Pendant longtemps les usines de l'Oural ont transformé leur fonte presque uniquement en *fer*, mais depuis quelques années la fabrication de l'acier n'a pas cessé de se développer. Les installations pour fer marchent encore en grand nombre suivant les vieux systèmes, notamment celles qui fabriquent des tôles minces dont la Russie fait une consommation considérable pour les toitures.

Les fours à puddler sont également nombreux; ils sont, en général, chauffés au bois ou au naphte.

L'*acier* est fabriqué, pour la plus grande partie, au four Martin; dans un grand nombre des usines visitées, il y en avait en construction.

Le nombre des Bessemer qui existent dans tout l'Oural n'est que de quatre, parmi lesquels deux sont dans une des nombreuses usines de Nijni-Taguilsk appartenant aux héritiers de Demidoff, prince de San-Donato, dont les ancêtres ont fondé l'industrie du fer dans l'Oural. Ces établissements ont conservé leur réputation séculaire sous la direction de M. Jaunéz Sponville.

La production du *cuivre* a été pendant un grand nombre d'années restreinte en Russie à la région de l'Oural, mais elle a pris récemment un grand développement dans le Caucase; si l'Altaï et la Finlande n'entrent pas d'une façon sérieuse en ligne de compte, les steppes des Kirghizes, exploitées d'une façon industrielle, semblent pouvoir donner une production importante; d'ailleurs, il est probable que l'industrie

de l'Oural se développera également, soutenue qu'elle est par des droits de douane extrêmement élevés.

Les gisements de cuivre de l'Oural sont de deux sortes : 1° gisements primitifs situés sur le versant oriental, notamment à Mednoroudiansk où la chalcopyrite se trouve avec la magnélite; 2° gisements remaniés situés sur le versant occidental où ils se présentent sous forme de nids, d'amas et de petits grains dans diverses roches et notamment dans les grès du système permien. Les minerais n'ont qu'une teneur de 2 à 3 0/0; ce sont des minerais oxydés. Les mines de cette nature, situées aux environs d'Orenbourg, au sud de l'Oural, produisent encore un peu de métal dont la qualité est très appréciée.

Actuellement, les deux centres de production du cuivre sont : au nord-est, Bogosloff, où est appliqué le traitement au convertisseur et Nijni-Taguilsk, où l'on traite des minerais oxydés et pyriteux par grillage, fusion pour mattes, grillage, fusion réductrice et affinage. Un résultat important y a été acquis dans ces dernières années, c'est l'emploi de la houille de l'Oural; on trouvera sur ce sujet, dans le mémoire, quelques détails dus à M. Iossa, professeur de métallurgie à l'Institut des mines de Saint-Pétersbourg.

Quoique, dans l'Oural, l'*or* ait été découvert dans les filons avant de l'être dans les placers, ces derniers ont seuls été exploités pendant un grand nombre d'années et c'est depuis peu de temps seulement que l'on a commencé à se préoccuper des richesses contenues dans les filons.

Les placers de l'Oural sont exploités, pour une grande partie, par des ouvriers à la tâche ou « staratelli » qui se sont transmis de génération en génération les tours de main nécessaires pour laver les minerais sur les appareils primitifs qu'ils construisent.

M. Jannettaz, après un aperçu géologique de différents gisements, indique, au moyen de projections, comment se fait le travail des placers dans les grandes exploitations où sont installés des appareils de lavage avec moulins de désagrégation et trommels.

Il parle ensuite du traitement de l'or filonien, du broyage et de l'enrichissement des minerais et de l'amalgamation qui se fait dans des moulins de broyage, et sur des plaques de cuivre amalgamé.

Les procédés chimiques pour le traitement des minerais complexes ont été installés dans ces derniers temps : la chloruration par le procédé Plattner et par le procédé Munktel et la cyanuration par le procédé Mac Arthur Forrest. Des variantes de ce procédé sont, paraît-il, actuellement en cours d'essais.

Le *platine* se trouve sur le versant asiatique de l'Oural, dans les bassins de la rivière Martian et plus au nord dans le bassin de l'Isse. Ce sont là, avec quelques points, peu productifs relativement, de Colombie, les seules régions qui fournissent du platine au monde entier. Cependant, le marché du platine est à peu près complètement entre les mains des Anglais et des Allemands. C'est une question dont se sont beaucoup préoccupés plusieurs économistes russes, ceux, en particulier, qui ont étudié le projet de banque industrielle dont il a été question au commencement de cette communication.

Le premier gisement originaire du platine a été découvert dans l'Ou-

ral en 1892, dans une roche serpentineuse, de sorte qu'aujourd'hui tous les géologues admettent que le platine a son gisement primitif dans la péridotite, les roches à diallage et dans leur filiale la serpentine.

L'exploitation des placers de platine est tout à fait semblable à celle des placers d'or; elle est plus simple encore puisqu'il n'y a pas à y pratiquer l'amalgamation.

M. Jannettaz fait projeter les photographies des plus grosses pépites de platine que possède le Musée de l'Institut des mines de Saint-Pétersbourg, photographies qu'il a pu faire grâce à la grande amabilité de M. Melnikov, Conservateur de ce Musée.

Il montre ensuite les projections d'autres échantillons rares exposés dans le même Musée : pépites d'or, bloc de malachite, cristaux de dimensions extraordinaires de topaze et de béryl, ce qui l'amène à parler des différentes espèces minérales de l'Oural et notamment de l'émeraude et du diamant.

En terminant, M. Jannettaz s'excuse d'avoir retenu si longtemps l'attention de l'Assemblée et de n'avoir pu cependant donner qu'un aperçu incomplet de l'industrie minérale dans l'Oural. Il souhaite que ceux de nos Collègues qui ont eu l'occasion d'étudier cette région si importante en parlent à la Société.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Jannettaz de son intéressante monographie de l'Oural. Il a exposé ce qu'il a vu et ce qui existe dans cette région aux différents points de vue de la géographie, de l'orographie, de la législation, de l'exploitation et du traitement des nombreuses matières minérales qui s'y trouvent réunies.

M. LE PRÉSIDENT sait que d'autres de nos Collègues ont été dans ce même pays et se proposent de communiquer à la Société des remarques sur ce qu'ils ont vu ; il fait appel à eux pour qu'ils donnent communication de leurs travaux le plus tôt possible, de manière qu'on puisse joindre ces monographies à celle qui vient d'être présentée ; on pourra alors avoir une discussion d'autant plus intéressante qu'elle s'appuiera sur un plus grand nombre de faits.

La parole est à M. Ch. Compère pour sa communication sur les *Machines annexes des installations mécaniques.*

M. CH. COMPÈRE expose qu'au cours de divers essais de machines, il a eu l'occasion de relever la consommation des machines annexes servant à l'alimentation des chaudières, à la condensation et à divers autres usages ; il a été frappé de la dépense parfois très exagérée de ces machines.

Cette dépense vient grever d'autant l'économie d'une installation générale et elle est en contradiction avec les exigences, d'ailleurs fort justifiées, de l'industrie qui se préoccupe de plus en plus de n'employer que des machines très économiques.

Afin de faire ressortir ce fait, M. Compère cite quelques exemples pouvant servir d'enseignement pour des installations à faire.

Ces exemples se rapportent aux petits moteurs employés dans la plupart des usines et qui servent à l'alimentation des générateurs, à la condensation des machines et au service des eaux.

Pour les petits chevaux alimentaires, leur dépense a été mesurée en recueillant la condensation de leur échappement dans des serpentins réfrigérants. M. Compère a trouvé dans plusieurs essais, des dépenses de 5 à 10 0/0 du poids de vapeur produite par les chaudières; il cite des chiffres de 27,03 0/0 et 44,817 0/0 trouvés par M. Walther-Meunier et par M. Schmidt, sur des pompes alimentaires moins bien installées. La consommation de ces appareils varie d'ailleurs de 130 à 200 *kg* par cheval en eau alimentée.

Pour les appareils de condensation, M. Compère signale que l'adoption des moteurs à grande vitesse dans les installations électriques a entraîné l'emploi de condenseurs indépendants. Ces condenseurs peuvent être mus par courroie ou par transmission électrique ou encore par des cylindres à vapeur. Dans ce dernier cas, ce sont des condenseurs automoteurs dont l'usage s'est fort répandu et dont la consommation est loin d'être négligeable, bien que l'échappement de ces appareils soit lui-même condensé sur le vide.

M. Compère cite l'essai d'une machine possédant un tel condenseur et qui a consommé plus à condensation que sans condensation: 17,82 *kg* de vapeur par cheval indiqué dans le premier cas et 14,12 *kg* dans le second cas; puis il parle d'une machine dans laquelle il a dû condenser, dans un serpentin, la vapeur d'échappement d'un condenseur automoteur; il a trouvé 27 0/0 de la consommation de la machine motrice même.

Comme appareils moteurs servant à l'élévation des eaux, M. Compère rappelle que, dans une série d'essais faits par M. Walther-Meunier sur une pompe Tangye ne faisant, il est vrai, que 11 à 14 *kgm*, on a trouvé une consommation de vapeur par cheval en eau alimentée de 370 à 480 *kg*. Pour des moteurs plus importants, faisant l'un 19,12 *ch* et l'autre 6,454 *ch*, M. Walther Meunier a trouvé respectivement comme consommation de vapeur par cheval en eau montée: 69,66 *kg* dans le premier cas et 101,713 *kg* dans le second.

Enfin, M. Compère cite le cas de l'installation d'une station privée d'éclairage électrique dans Paris.

Cette station comprend trois machines Willans de 100 *ch* et une quatrième de 75 *ch*, deux condenseurs automoteurs, deux pompes à vapeur servant à élever l'eau d'un puits pour la condensation et les divers services de l'installation. La vapeur est produite par une batterie de 5 générateurs Belleville.

La consommation garantie pour ces machines a été vérifiée par un essai sur une seule machine de 100 *ch*. En vue de cet essai, une seconde chaudière avait été allumée pour les services annexes de l'installation et on a profité des dispositifs pris en vue de ces essais pour mesurer la quantité d'eau introduite dans cette chaudière; on a trouvé, ainsi dans deux essais, l'un à charge normale, l'autre à demi-charge, que les machines annexes ont exigé une consommation de vapeur de 82 0/0 et de 73 0/0 de celle de la machine motrice essayée.

En terminant, M. Compère revient sur l'installation électrique des Magasins de la Place Clichy, fort bien étudiée au point de vue des machines annexes, lesquelles sont toutes mues par transmission électrique.

M. le Président remercie M. Compère des observations qu'il vient de présenter sur les consommations excessives des machines annexes. Il demande s'il n'y a pas d'autre moyen d'y remédier que d'employer des transmissions électriques pour actionner ces petits moteurs.

M. Ch. Compère répond que, lorsque l'installation est ramassée, la transmission par courroies est tout indiquée. Quand les machines annexes sont très éloignées, c'est la transmission électrique qui est préférable.

M. L. Rey demande si l'on ne pourrait pas faire des petites machines ayant une consommation inférieure à celle de 20 *kg* par cheval et par heure, qui vient d'être indiquée.

M. Ch. Compère dit qu'en effet, ces consommations ne sont pas normales et que les machines annexes peuvent même à faible puissance dépenser beaucoup moins de vapeur. En citant des exemples de consommation anormale, il n'a voulu que mettre en relief la nécessité d'un choix judicieux des petits moteurs. D'ailleurs si, quoi qu'on fasse, l'augmentation inévitable de consommation de petits moteurs reste supérieure à la perte de rendement d'une transmission électrique, l'attaque de ces petits moteurs par telle transmission sera préférable.

M. L. de Chasseloup-Laubat fait remarquer que les pompes automatiques qu'on a sur les chaudières consomment des quantités de vapeur considérables.

L'amirauté anglaise a fait des essais à grande distance; sur des bâtiments de guerre, on a trouvé, entre les essais officiels et les essais de navigation, des différences importantes. Avec 80 ou 90 machines auxiliaires, on arrive au quart, au tiers, presque à la moitié de la consommation principale. Il y a des sources énormes de perte; chacune de ces sources n'est pas très grande en soi; mais, comme il y en a un grand nombre, elles finissent par causer des dépenses de vapeur excessives, surtout quand, renonçant à grouper comme autrefois les machines auxiliaires sur les machines, on adapte des machines spéciales pour chaque service, de manière à avoir l'indépendance des mouvements.

M. Ch. Compère est également d'avis que si ces machines permettent la mise en route d'une façon indépendante, ce qui est important, c'est au prix de dépenses très exagérées de vapeur.

M. le Président insiste sur le point de vue que M. de Chasseloup-Laubat vient de signaler à propos des machines marines. Lorsqu'on compare des machines, suivant qu'on alimente la chaudière par un petit moteur séparé ou par la machine elle-même, on peut trouver des différences considérables. Peut-être l'idée de mettre ces petits moteurs à part est-elle venue précisément de ce que, souvent, on ne les fait pas entrer en ligne de compte dans la consommation de vapeur. C'est donc un service rendu à la Société et aux Ingénieurs que d'appeler leur attention sur une question qui fournit des résultats si imprévus et si peu explicables au premier abord.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes de MM. A. Aubaille, G. Bastien, A. Berthelin, F. Carchereux, M. Cros, L. Delahaye, Ch. Dorémieux, R. de la Faye, L. Fraud, J. Gordéiénko, Ch. Guilliot, C. Hazelaire, V. Kourdumoff, H. Laurain, G. Martine, O. Ossent, V. Pasque, N. Pakyne, D. Ponchez, L. Pornin, E. Presser, A. Tissier, P. Wurth, G. Trasenster, E. Brunet, C. Dessin, P. Lavie, J. Bilbie, J. Pinguet, A. Cathelin, H. d'Huart, P. Herman, A. Bour, H. Bourdoux, comme Membres sociétaires.

MM. L. Dedeken, J. Gauchard, A. Canuet, C. Picquenet, comme Membres associés.

MM. G. Albaret, J. Albaret, J. Barbier, H. Bénard, G. Brassaud, P. Chamillard, Ch. Coclet, H. Desmaisons, L. Dufès, L. Grandin, C. Morel, F. Poupardin, H. Silvestre, H. Somach, E. Turenne, Ch. Vouaux, W. Verwey, sont reçus Membres sociétaires.

Et MM. P. Boulanger, P. Chateau, G. Doppelmair, A. Drion, A. Esnault-Pelterie, L. Nozal, E. Sommier, A. Trouvé, sont reçus Membres associés.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

Le Secrétaire,

P. JANNETTAZ.

L'AMÉLIORATION DE L'HOOGLY

PAR

M. VERNON-HARCOURT

Analyse par M. C. DE CORDEMOY.

Je suis chargé de vous présenter une importante brochure de M. Leveson Vernon-Harcourt sur les améliorations à apporter à l'Hoogly, ce puissant fleuve sur lequel est bâtie la ville de Calcutta.

Vous connaissez tous M. Vernon-Harcourt, à qui sa profonde connaissance de la langue française a permis souvent dans les Congrès de témoigner ses sentiments de confraternité envers nos collègues. Il est l'ingénieur renommé de travaux maritimes de haute valeur. Ses ouvrages sur les ports, les rivières et les canaux (*Harbours and docks*, *Rivers and canals*) font autorité. Il est l'auteur d'un remarquable projet d'amélioration de l'estuaire de la Seine, analogue à celui de Lavoinne, au sujet duquel il a institué d'intéressantes expériences sur un modèle reproduisant, en miniature, les phénomènes de l'estuaire. Enfin, il est l'un des collaborateurs les plus assidus des discussions si nourries de l'Institution des Ingénieurs civils de Londres.

Le développement du port de Calcutta nécessitant l'amélioration des conditions nautiques de l'Hoogly, les Commissaires du port se sont adressés à M. Vernon-Harcourt, en décidant que ses projets seraient immédiatement exécutés. Le savant Ingénieur a passé plusieurs mois dans l'Inde, ordonnant des levers, des sondages, étudiant le régime des marées, des alluvions, comparant les cartes anciennes du fleuve avec la situation actuelle, au point de vue des bancs qui en obstruent le lit, se livrant à une analyse méticuleuse de tous les phénomènes.

Il en a conclu un projet qui se compose de l'exécution de deux levées et de dragages subsidiaires. La dépense totale s'élèvera à environ 3 millions de roupies, et il est difficile, à coup sûr,

d'imaginer une solution moins coûteuse, d'autant que le résultat autant que j'en puisse juger de loin, me semble des plus probables.

Ceux qui auront, à l'avenir, à étudier l'amélioration d'un cours d'eau, auront grand profit à lire la brochure de M. Vernon-Harcourt, et l'auteur mérite nos remerciements pour le don qu'il en a fait à notre bibliothèque.

A PROPOS DE L'ÉTUDE DE M. LOKHTINE

SUR

LE MÉCANISME DU LIT FLUVIAL

PAR

M. Ç. DE CORDEMOY.

La Société a reçu du Ministère des Communications de Russie des exemplaires d'un mémoire du savant Ingénieur hydraulicien M. Lokhtine sur « le Mécanisme du lit fluvial » et j'ai cru devoir vous le présenter. Tout ce qui vient de nos amis du Nord ne peut être que gracieusement accueilli par vous, mais l'étude de M. Lokhtine, vu son mérite, se passe aisément de toute prévention favorable.

Comme plusieurs de nos Collègues n'ont peut-être pas présentes à l'esprit les conditions de l'hydraulique fluviale auxquelles l'Ingénieur russe apporte sa contribution, il me semble utile de rappeler l'état de la question. Ce résumé préalable aura l'avantage de mettre une fois de plus en lumière les belles recherches de M. l'Inspecteur général Fargue, à qui la science future restera redevable de l'initiative des plus sérieux progrès qui s'accompliront dans la navigation intérieure.

I

Ce sont les Italiens qui, les premiers, ont posé quelques-uns des principes de l'écoulement de l'eau dans un fleuve, D'abord l'abbé Castelli (1661), auteur également d'une remarquable explication de la formation des barres aux embouchures, puis Guglielmini et Frisi.

Mais les recherches véritablement scientifiques ne remontent qu'à notre Du Buat, dont les *Principes d'hydraulique* (1786) resteront toujours un livre à consulter, bien que trop rempli de ces raisonnements mathématiques, fort à la mode en ce temps, qui substituent les hypothèses soi-disant théoriques à la rigueur des observations.

Il suffit de citer les noms des Chézy, Navier, Darcy, Prony,

Dupuit, Bazin, Boussinesq, ces successeurs de Bernoulli, pour montrer la part prépondérante de la France dans cette branche de la science.

Mais si les théories de l'hydraulique rationnelle étaient déjà fortement établies, les applications aux cours d'eau n'étaient encore guère guidées que par la routine ou d'hypothétiques considérations, quand M. Fargue en aborda l'étude.

La courte notice qu'il publia en 1868, dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, indique une méthode en tout nouvelle; et, s'il est certain — comme le dit l'auteur lui-même — que les circonstances peuvent modifier les résultats obtenus par lui, c'est des principes établis qu'on devra s'inspirer pour obtenir des cours d'eau les avantages attendus, en les adaptant aux conditions spéciales de chaque rivière.

L'observation a été la base de la méthode, mais l'observation fécondée par une pénétrante analyse. Chargé longtemps du service de la Garonne, dont l'amélioration avait déjà été recherchée et en partie obtenue par ses prédécesseurs, surtout par M. Baumgarten, le savant Ingénieur avait été frappé de l'incertitude des règles empiriques qui les avaient guidés.

On savait qu'aux courbes d'une rivière correspondent des passes profondes, connues sous le nom de *mouilles*, séparées par des hauts-fonds ou *maigres*. On avait remarqué également que les profondeurs des mouilles étaient généralement fonction de la concavité des courbes, mais dans quelle proportion, on l'ignorait.

« Existe-t-il une relation entre la forme en plan d'une rivière navigable à fond mobile et le profil en long du thalweg? Quelle est cette relation? Quelle est la meilleure forme à adopter dans l'intérêt de la navigation? » tel était le complexe problème dont M. Fargue a dégagé, sinon la solution complète, du moins des indications qui, entre les mains de tout Ingénieur expérimenté, doivent donner des résultats efficaces.

Le procédé de recherche employé dans cette étude a été appliqué sur le tronçon de la Garonne de 22 *km* de longueur, compris entre les bourgs de Gironde et de Barsac, portion dont le lit moyen est déjà fixé depuis longtemps avec une largeur de 180 *m*; le fond est de sable et gravier.

Le profil en long a été dressé suivant l'axe de la rivière; au droit des abscisses représentant les longueurs, ont été portées comme ordonnées les courbures de l'axe et les profondeurs de

la passe, suivant des conventions destinées à figurer le sens des sinuosités du lit.

Celles-ci sont reliées par des alignements droits, dont les points milieux décomposent l'axe en portions dites *courbes*, d'une longueur moyenne de 1 330 *m*. Si les courbures sont à concavité dirigée en sens opposé, elles forment un point d'*inflexion*, et un point de *surflexion*, si elles sont dans le même sens.

L'examen de ce graphique fait distinguer aisément trois relations :

1° Le maigre correspond au point d'inflexion ou de surflexion, mais avec un écart à l'aval du cinquième de la longueur environ;

2° La mouille correspond au sommet de la courbure, mais avec à peu près le même écart à l'aval;

3° La profondeur de la mouille varie comme la courbure du sommet, suivant une loi que peut représenter une formule empirique.

Si, d'autre part, on appelle *biefs* les portions de rivière séparées par les maigres, et dont le nombre est évidemment celui des courbes, on constate encore les relations suivantes :

4° Dans l'intérêt de la profondeur, tant maxima que moyenne, la courbe ne doit être ni trop courte ni trop longue;

5° Le quotient, par la longueur, de l'angle extérieur des tangentes extrêmes de la courbe, détermine la profondeur moyenne du bief;

6° Le profil en long du thalweg n'est régulier que si la courbure varie d'une manière graduelle et successive. Tout changement brusque occasionne une diminution brusque de profondeur;

7° La courbure variant d'une manière continue, l'inclinaison de la tangente à la courbe des courbures détermine la pente du fond du thalweg.

(La courbe des courbures s'obtient en reliant les extrémités des ordonnées qui figurent les courbes sur le graphique).

De ces relations ou lois, l'auteur a déduit les éléments d'un tracé rationnel, c'est-à-dire de la forme à donner au lit moyen d'une rivière pour que ses sinuosités soient en concordance logique avec celles du profil en long de la passe navigable. Les traits principaux en sont : Exclusion de la ligne droite et du cercle. Raccordements par osculation. Emploi d'une courbe spéciale de raccordements dont la courbure est proportionnelle à la longueur de l'arc.

Dans un second mémoire publié en 1882 aux *Annales*, M. Fargue a complété l'exposé de ses observations par l'énoncé des lois qui doivent fixer l'écartement des rives :

1° La largeur au sommet d'une courbe doit être plus grande qu'aux points d'inflexion voisins ;

2° Les rives convexes doivent être plus développées que les concaves. La différence doit être de trois à quatre fois la largeur minimum, mesurée au point d'inflexion de l'axe intermédiaire entre les points d'inflexion des courbes des deux rives.

C'est suivant ces principes que M. Fargue a tracé les rives de la Garonne au passage de Barsac, avec un succès complet.

II

Les lois énoncées ont fait l'objet d'expériences continuées par une Commission pendant une année entière, en 1875, sur un cours d'eau artificiel de 75 *m* de longueur sur 1 *m* de largeur. Elles ont été confirmées.

La question est venue en discussion au Congrès de la Haye en 1894. Mise à l'ordre du jour deux années auparavant, elle avait pu être abordée par plusieurs Ingénieurs de haut mérite. Les observations de la plupart d'entre eux les ont conduits au même résultat que M. Fargue, avec quelques modifications résultant des conditions spéciales du cours d'eau étudié.

Ainsi, M. R. Jasmund, inspecteur des travaux hydrauliques à Magdebourg, a trouvé sur l'Elbe des exceptions aux lois de la mouille, de la continuité et de la pente de fond. M. Mengin, Inspecteur général, M. Guiard, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qui ont étudié la Seine maritime, sont pleinement d'accord avec M. Fargue, ainsi que MM. Schuurman et Van Hoof (expériences sur la Merwede), M. Vandervin, de Bruxelles, avec des modifications dans les nombres, M. Maksimoviecz, de Kiew.

Quelques-uns des observateurs ont présenté des conclusions différentes :

M. Tutein Nolthenius, Ingénieur du Waterstaat, à Bois-le-Duc a fait ses recherches sur la Meuse supérieure et est arrivé aux résultats suivants :

1° La profondeur moyenne du lit mineur dépend presque exclusivement de la largeur; l'influence du rayon de courbure peut être négligée.

2° Le produit de la largeur et de la profondeur moyennes du lit mineur est constant;

3° La différence entre la profondeur du chenal et la profondeur du lit mineur dépend presque exclusivement du rayon de courbure ; l'influence de la largeur du lit mineur peut être négligée.

Et voici les conclusions de l'Ingénieur hollandais M. Steijn Parvé :

1° Quoiqu'une corrélation entre la courbure du lit et la profondeur du lit ne puisse être niée pour quelques parties de la Nouvelle Meuse, tant en amont qu'en aval de Rotterdam, il y a également des parties où cette corrélation ne se montre pas ;

2° Sur quelques parties du fleuve, on trouve une distance assez constante entre les points du maximum de courbure et les points correspondants du maximum de profondeur;

3° Dans la partie régularisée en aval de Vlaardingen, les profondeurs minima du chenal correspondent aux points de la courbure minima ;

4° Les faits qui prouvent qu'il y a des relations entre la profondeur du chenal et la forme du tracé de la rivière ne sont en général ni assez saillants, ni assez uniformes, pour en déduire des règles fixes ou des lois.

III

Tel était l'état des études quand M. Lokhtine les a abordées a son tour. Il s'est proposé de résoudre cette question :

« Pourquoi telle section d'une rivière a-t-elle un lit fixe et profond, tandis qu'il y a toujours des dépôts sur telle autre? » faisant remarquer d'ailleurs que « le fait seul de la disposition constante de ces sections prouve jusqu'à l'évidence que la cause de ce phénomène n'est pas accidentelle, mais bien inhérente au lit lui-même. »

La comparaison des niveaux de la surface d'une rivière aux mêmes points, pour des débits différents, montre que les profils en long, à ces divers états, ne sont pas parallèles. Si, par exemple, une crue a fait monter le niveau de 1 *m* en un point, on n'obtiendrait pas le nouveau profil en long en traçant des parallèles distantes de 1 *m* de la surface primitive. Donc, pendant les crues, la pente augmente dans certaines portions et diminue dans d'autres.

Or, « le rôle prépondérant dans la formation du lit est joué par

les hautes eaux, parce que : 1° leur vitesse est, à pente égale, deux fois et même plus de deux fois plus considérable que la vitesse aux eaux basses, rien qu'à cause de la diminution des frottements ; 2° parce que c'est pendant cette période qu'il arrive du bassin entier dans le lit de la rivière le plus de matières charriées ; ces matières sont transportées par le courant et distribuées ensuite dans le lit suivant les circonstances locales. Pour cette raison, l'augmentation de la pente sur une section de la rivière aux hautes eaux indique clairement qu'il n'y aura pas de dépôts et que, par conséquent, cette section présentera un lit plus ou moins profond. Au contraire, aux endroits où la pente superficielle diminue aux hautes eaux et arrive à son minimum aux plus hautes eaux, il se forme des dépôts à cause de la diminution de la vitesse du courant, et il y aura formation de bancs de sable ou de maigres. »

On voit la différence apparente entre les bases des recherches de MM. Fargue et Lokhtine. Le premier a fondé ses observations, ses raisonnements, sur le régime à l'étiage qui figure sur les cartes ; mais sans préjuger si ce régime a été créé par les hautes ou basses eaux. Pour le second, la cause qui produit la succession de bassins et de rapides dans un cours d'eau « ne réside pas dans l'action du courant de l'étiage, qui lui-même se trouve régi par la forme du lit, produit de facteurs plus puissants et qu'il ne peut changer que très peu, mais bien dans l'action des hautes eaux qui, suffisamment fort pour apporter des modifications dans le lit, agit à l'aide des modifications du profil en long de la surface d'eau ».

Considérons un cours d'eau rectiligne et à fond mobile. Aucune force ne modifiant la vitesse, elle sera uniforme ; la pente de la surface sera régulière et les matériaux du fond, facilement déplaçables, se disposeront aussi suivant une droite parallèle à la surface.

Intervienne une courbe : c'est un obstacle. Elle produit à son origine un remous qui se manifeste par une élévation du niveau de l'eau. Il en résulte donc une diminution de la pente dans la portion rectiligne d'amont et une augmentation dans celle d'aval.

A l'étiage, la faible quantité d'eau qui s'écoule se loge facilement dans le lit et est peu influencée par la différence des pentes ; il en est autrement durant les crues et M. Lokhtine donne, pour le petit nombre des rivières dont il a pu se procurer des profils en long à l'étiage et pendant les crues, des nombres qui indiquent nettement cette différence.

D'après ses relevés, pour la Garonne, à l'étiage les pentes dans les courbes sont en moyenne quatre fois plus petites que dans les alignements ; elles sont deux fois plus fortes durant les crues. La pente change donc de place ; elle diminue dans les alignements, augmente dans les courbes. La vitesse suit ces changements.

Alors, « comme ce sont les hautes eaux qui ont la prépondérance dans la forme du lit, les courbes, où l'eau a une grande vitesse, se creusent ; les alignements, où la vitesse est ralentie, se comblent. C'est ce qui explique la disposition du lit, avec les mouilles dans les sinuosités et les maigres dans les portions rectilignes. »

Comme facteurs secondaires de la formation du lit, M. Lokhtine signale : 1° le rôle des affluents qui apportent, transversalement au fleuve, des matériaux dont le dépôt force le courant à dévier vers la rive opposée, qu'il ronge peu à peu, ce qui élargit le lit, d'où diminution de la vitesse et par suite dépôt de matériaux, origine de ces îles qu'on rencontre souvent aux confluents ; 2° la nature du sol constitutif du lit.

Se fondant sur les documents historiques qui établissent que les dimensions du lit des rivières n'ont guère varié, ou tout au moins n'ont jamais été inférieures à celles d'aujourd'hui, l'auteur en conclut que ce n'est pas la destruction des berges qui est l'origine des matériaux d'apport, mais que ceux-ci proviennent de toute l'étendue du bassin fluvial. Le courant, résultat de la pente, devrait les entraîner ; mais ils sont retenus par leur frottement sur le fond et les berges, qui oppose une résistance à l'action du courant.

La pente et la résistance du lit sont donc deux forces qui se font équilibre. Cet équilibre n'est évidemment pas le même pour les rivières à forte pente et lit peu résistant et celles à faible pente et lit très résistant.

Pour les dernières, où la vitesse est faible, le déplacement des matériaux ne peut s'opérer que dans les sections où la pente est plus forte, c'est-à-dire dans les mouilles pendant les crues, et au contraire dans les maigres de basses eaux.

« Les sections différentes de la rivière, les mouilles et les maigres sont donc des instruments indispensables et inévitables dans l'œuvre de l'entraînement des dépôts ; les sections ont des limites fixes et des emplacements constants déterminés par les

propriétés locales du lit. » Ainsi, « l'équilibre est obtenu par la concentration temporaire de la pente là où elle est le plus nécessaire, étant donné le niveau momentané du plan d'eau. »

Si, au contraire, la pente est assez forte pour que le lit soit corrodé, l'équilibre stable indiqué ci-dessus se changera en équilibre instable. « C'est en dépensant l'excès d'énergie en destruction et charriage des produits de cette destruction que la nature trouve dans ce cas le moyen d'arriver à l'équilibre nécessaire..... La seule forme possible du profil en long est une ligne droite de pente uniforme avec d'infimes inflexions. » Les changements continuels du lit amènent de constantes divagations du courant et par conséquent des changements de position des chenaux.

Le classement des rivières dans l'une ou l'autre catégorie est donc fort important. Or, un calcul approximatif permet de poser un principe général.

Supposons sphériques et uniformes les parcelles de matières entraînées,

Soient d leur diamètre, δ leur poids spécifique, f le coefficient de frottement.

P la résistance de la parcelle au mouvement sera :

$$P = f\delta \frac{\pi d^3}{6}.$$

Appelons $c_1 = \frac{f\delta\pi}{6}$ l'ensemble des termes constants

$$P = c_1 d^3.$$

Soient P_1 la pression de l'eau en mouvement $\delta_0 = 1$ le poids spécifique de l'eau et v la vitesse. La pression sur la parcelle est égale à la surface $\frac{\pi d^2}{4}$ multipliée par la hauteur qui produit la vitesse, c'est-à-dire $\frac{v^2}{2g}$ et par la densité δ.

Donc : $$P_1 = \frac{\pi d^2}{4} \frac{v^2}{2g} \delta_0.$$

La vitesse v n'est pas la vitesse du courant, donnée par la formule $v = c\sqrt{Ri}$ et où entre l'action de la résistance du lit, c'est la vitesse primordiale, celle qui est déterminée par la hauteur de chute, car c'est bien là la force entraînante des matériaux. Donc :

$$v = \sqrt{2gh}.$$

D'où $$P_1 = \frac{\pi d^2 \delta}{8g} \times 2gh = \frac{\pi \delta h d^2}{4},$$

Et, en posant $$c_2 = \frac{\pi \delta}{4},$$

$$P_1 = c_2 h d^2.$$

Donc $$\frac{P}{P_1} = \frac{c_1 d^3}{c_2 h d^2} = \frac{c_1 d}{c_2 h}.$$

Et soit $$\frac{c_1}{c_2} = c_0,$$

$$\frac{P}{P_1} = c_0 \frac{d}{h}.$$

La fixité du lit, représentée par $\frac{P}{P_1}$, est donc proportionnelle directement à la dimension linéaire des éléments et inversement à la pente.

Par éléments, il faut entendre les matériaux qui roulent sur le fond et non les matières alluvionnaires en suspension. Dans la pratique, il faut évidemment prendre les échantillons sur les points où les parcelles sont le plus volumineuses; on détermine leur grosseur en les faisant passer successivement sur des tamis à mailles de 1/4, 1/8, 1/16 et 1/30 de centimètre; des cinq résultats obtenus, on tire aisément la dimension moyenne.

Le quotient $\frac{d}{h}$ de cette dimension par la pente indique la fixité relative de la rivière.

D'après la théorie précédente, la forme du profil en long est corrélative de cette fixité : une grande fixité correspondra à un profil en escalier; une faible stabilité à un profil droit.

Considérons maintenant une rivière à profil en escalier dont la largeur a été rétrécie par des levées, afin d'obtenir un approfondissement. Le débit devant passer dans une section réduite, la vitesse s'accroit et les dépôts sont transportés en aval. Ces travaux de régularisation s'effectuent en général sur les maigres; les matériaux enlevés des bas-fonds iront donc se déposer dans les mouilles de l'aval qui en seront débarrassées à la crue suivante.

La correction du lit pourra ainsi être obtenue par le seul endiguement des maigres.

Mais si la rivière est à profil rectiligne, c'est-à-dire du type di-

vagant, les matériaux, enlevés des portions endiguées et transportés en aval, n'y trouveront plus de mouilles et ne pourront pas être entraînés. Il faudra donc prolonger les levées. Il ne restera, en définitive, dans le lit, que les matériaux trop gros pour être mus par la vitesse obtenue et la fixité du lit aura été augmentée. C'est le résultat qu'on constate dans les cours d'eau où l'amélioration a été réalisée.

Supposons enfin que, par des levées, on ait modifié tout le lit d'une rivière en escalier : les maigres se sont creusés, les mouilles comblées et l'on a un chenal où la pente et la vitesse sont devenues uniformes. Mais, alors, en débit ordinaire, la vitesse sur les maigres sera inférieure à l'ancienne, qui était proportionnée à la résistance des dépôts ; elle ne pourra donc plus les entraîner. Ils s'accumuleront sur la place des anciens maigres, jusqu'à ce que le courant reprenne, par ce fait même, une vitesse plus considérable et ne permette plus l'exhaussement.

La rivière retournera donc fatalement à son ancien régime.

Donc,

« Autant la méthode de l'amélioration de toute la longueur du lit est rationnelle et même la seule possible dans le cas d'une rivière divagante, autant elle serait inapplicable et même nuisible dans le cas d'une rivière à lit résistant.

» La conservation de l'équilibre établi par la nature au moyen de la division du travail de l'entraînement des dépôts entre les hautes et basses eaux, l'étude des profils en long correspondant aux divers niveaux de l'eau, le classement de la rivière en sections à pente renforcée lors des hautes eaux, où par conséquent, le lit est garanti d'obstructions, qui doivent rester après l'amélioration dans leur état naturel, et en sections à pente plus faible pendant la même époque, où le lit est sujet à l'accumulation de dépôts, ensuite l'étude du mécanisme de chaque maigre en ce qui concerne la provision d'énergie dont il dispose aux basses eaux et de la dépense à en faire, l'étude de la disposition des langues de sable et des courants, enfin l'emploi plus rationnel, plus économe de cette force vive par une disposition rationnelle et la rectification correspondante du lit sur toute la longueur comprise entre les deux bas-fonds situés en amont et en aval — voilà la méthode à employer pour trouver la solution de l'amélioration des rivières de ce type. »

IV

J'ai exposé la plupart des opinions jusqu'ici exprimées sur les questions soulevées par M. Fargue : elles sont diverses et la lecture de certains passages des comptes rendus du Congrès de La Haye laisserait supposer que les lois énoncées dans les mémoires de 1868 et de 1882 ne sont qu'exceptionnelles et presque limitées à la Garonne.

Je ne pense pas que les résultats négatifs aient pu entamer les convictions de notre compatriote. Il écrivait que son travail n'était qu'un essai, un premier pas dans une voie nouvelle, il appelait des études semblables sur d'autres fleuves, et faisait remarquer que les règles, par lui obtenues, s'appliquaient, pour les données numériques, aux conditions particulières du tronçon étudié. Pour l'écart, par exemple, il n'en attribuait l'importance qu'à l'imperfection de la forme en plan de la section considérée, et pensait qu'il serait notablement moindre avec un tracé rationnel.

La plupart des travaux communiqués au Congrès de La Haye n'avaient pas, il faut le reconnaître, le caractère d'observations longues et minutieuses qui est le trait distinctif du mémoire de 1868; la faute en est sans doute au temps, le programme n'ayant été établi que deux années auparavant. Pour obtenir des résultats certains, des constatations superficielles ne suffisent pas; il faut, par des observations méthodiques, se tenir en garde contre les conditions locales, qui masquent aisément la réalité.

M. Fargue, de ses études sur la Garonne, a tiré des conclusions, qui lui ont semblé pouvoir être générales, et leur a donné le nom de *lois*. Le titre n'est-il pas aventuré? Sans doute non, pour toute rivière dans les mêmes conditions que la Garonne; mais c'est là la question : Y a-t-il deux rivières dans les mêmes conditions ?

Evidemment il faut répondre non, si l'on exige la similitude complète. Il faut bien le répéter : il n'y a, ni dans les fleuves, ni dans la mer, de loi que l'on puisse appliquer comme règle absolue dans tous les cas. Les formules de l'hydraulique y sont impuissantes, parce que l'écoulement de l'eau dans une rivière se complique de phénomènes accessoires, qui peuvent changer les conséquences du principe théoriquement établi, parce que l'eau chargée d'apports n'agit pas comme l'eau pure, parce que le fond

et les berges ne sont pas stables, parce que le moindre obstacle peut occasionner des mouvements secondaires qui troublent l'écoulement régulier, etc., etc.

L'influence d'une courbe, par exemple, n'est pas isolée ; entre autres nombreux facteurs dont il faut tenir compte en même temps, il y a la vitesse. Si la vitesse est grande, elle aura une action prédominante ; si elle est faible, son action sera presque nulle. La même loi ne saurait rendre compte des faits dans les deux cas.

La vitesse est fonction de la mobilité du lit, certes ; mais, dans un bassin profond et court, séparé par deux hauts-fonds très voisins, quelle est la vitesse au fond? J'ai pu étudier un grand fleuve où, à un tournant, avec l'écart voulu, on trouvait 28 *m* de profondeur ; à quelques mètres en amont et en aval, on ne sondait que 5 *m*, la largeur ne variant guère. Dans ce bassin, l'écoulement de l'eau se faisait d'une façon toute particulière, et l'effet sur le lit était bien spécial.

L'Ingénieur de la Nouvelle Meuse ne reconnaît aux courbes aucune influence bien certaine ; cela n'a rien d'étonnant, car dans cette rivière, les courbes sont insignifiantes ; mais d'ailleurs, une sinuosité, même prononcée, peut être insignifiante par rapport à la largeur du cours d'eau. Evidemment, une courbe de même rayon ne peut exercer la même action sur deux fleuves dont les largeurs, les vitesses, ne sont pas les mêmes. Ces différences, que la Garonne ne pouvait accuser, avec sa largeur et sa vitesse presque uniformes, sont justement les points sur lesquels il est nécessaire d'appeler l'attention des observateurs.

Au Congrès de La Haye, M. Mengin, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, avait même, très incidemment et vaguement, fait allusion à l'influence des crues. Cherchant les causes des variations de la profondeur dans les courbes, « je soupçonne, dit-il, une autre cause, et beaucoup d'autres, avec moi, la soupçonnent ; mais je ne puis l'énoncer d'une manière nette et précise : c'est la nature du mouvement des hautes eaux. A chaque courbure, ou toutes les fois qu'elles choquent une surface quelconque, les hautes eaux éprouvent des mouvements d'une nature spéciale qui ne sont pas une réflexion, mais qui ont une certaine analogie avec cette réflexion. Il semble résulter des expériences — malheureusement peu nombreuses, et c'est pourquoi nous vous avons exprimé le désir que les Ingénieurs étrangers voulussent bien

étudier le problème pour apporter de nouveaux faits — il semble résulter que dans une courbure circulaire, cette sorte de réflexion des eaux sur la rive donne lieu à des entre-croisements irréguliers. »

V

Sans tenir compte de ces mouvements irréguliers, M. Lokhtine donne aux hautes eaux l'importance primordiale dans la disposition du lit, et je rappelle les deux raisons sur lesquelles il s'appuie :

1° Parce que leur vitesse est, à pente égale, deux fois et même plus de deux fois plus considérable que la vitesse aux eaux basses, rien qu'à cause de la diminution des frottements,

2° Parce que c'est pendant cette période qu'il arrive du bassin entier dans le lit de la rivière, le plus de matières charriées.

Et, pour expliquer la formation des maigres, le savant russe montre que les pentes se présentent en sens inverse, sur les maigres et dans les mouilles, selon l'étiage ou les hautes eaux.

C'est là une contribution fort importante, assurément, à l'étude du mécanisme du lit fluvial, et les exemples cités par M. Lokhtine sont des plus intéressants. On savait déjà d'ailleurs que les maigres s'engraissent pendant les hautes eaux. Mais la généralisation me semble dangereuse.

Le raisonnement du savant Ingénieur russe se résume ainsi : A changement de pente, changement de vitesse ; et suivant la vitesse sera le déblai des apports.

Mais, remarquons-le, la vitesse dépend aussi bien de la section transversale du cours d'eau et du périmètre mouillé que de la pente. Dans la formule

$$v = c\sqrt{Ri}$$

i est la pente ; mais $R = \frac{S}{P}$, le quotient de la section par le périmètre mouillé.

Ce quotient, le rayon hydraulique, est plus considérable aux hautes eaux ; et l'on peut admettre que dans les crues, malgré l'abaissement de la pente, la vitesse soit encore plus grande sur les maigres, c'est-à-dire que le produit Ri s'accroisse au lieu de diminuer, d'autant que le coefficient c augmente ; et c'est même là le phénomène qui se produit en général. Alors les matériaux, loin de se déposer, seront aussi bien enlevés sur les maigres que dans les bassins. L'explication, dans ce cas, ne serait donc pas admissible.

De même, les matières charriées arrivent en plus grande quantité pendant les crues, c'est certain; mais qu'importe, si la vitesse est suffisante pour les entraîner? Ce ne serait pas pendant les hautes eaux qu'elles se répartiraient le long du lit.

Enfin, dans une rivière endiguée à profil rectiligne, la vitesse n'est pas nécessairement moindre, car il faut que le débit se fasse, et si la section est plus petite, la vitesse peut être plus grande.

Ce sont donc encore des questions de circonstances. Une crue peut avoir des effets tout différents de ceux produits par les basses ou les moyennes eaux; mais les crues sont très rares dans certains bassins, fréquentes dans d'autres. Dans le premier cas, ce sera, à n'en pas douter, le régime normal qui déterminera la forme du lit; dans le second, il faudra probablement donner la prépondérance aux hautes eaux.

Un phénomène modéré, mais continu, est souvent plus efficace qu'une action violente, mais éphémère; c'est ce qui arrive en général sur les rivages de la mer. Tout le monde connaît l'exemple du Chesil Bank, cette longue langue de galets près de Portland. Dans les tempêtes, le banc est bouleversé et des millions de mètres cubes de galets sont enlevés; mais aussitôt les vagues calmées, tout rentre dans l'ordre et la côte reprend son aspect accoutumé, celui qui figure sur les cartes. C'est donc l'action quotidienne des lames ordinaires qui donne son aspect à la plage, disons aux berges et au lit de la mer.

Sur les côtes du Cap de Bonne-Espérance et du cap Horn, c'est évidemment, au contraire, la tempête qui a déterminé les formes accores et heurtées des rochers du littoral.

VI

On pourrait soulever encore d'autres objections, mais il faut se borner. Si toutes les considérations de M. Lokhtine ne doivent, quoiqu'il en soit, être acceptées que sous bénéfice d'études spéciales à chaque cas particulier, si, par suite, il en est qui ne soient pas applicables dans des conditions déterminées, il est certain qu'elles jettent un jour tout nouveau sur bien des points. Et, plus la lumière se fera, plus la doctrine de M. Fargue, élucidée dans ses détails, apparaîtra la vraie, plus on reconnaîtra les services qu'elle aura rendus à la science. Les recherches comme celles de M. Lokhtine, loin de la contredire, ne feront qu'en harmoniser l'ensemble.

Au Congrès de la Haye, un membre demandait aux Ingénieurs chargés des travaux fluviaux de dresser un état signalétique de chacun des cours d'eau soumis à leur étude, et l'on a risqué à ce propos le gros mot de « potamométrie ». Il est plus facile d'exprimer un tel vœu que de le réaliser; là aussi, ce n'est pas tout que de vouloir faire son devoir, il faut le connaître.

Le travail de M. Lokhtine précise justement quelques points forts importants à étudier, et ce ne sera pas un des moindres services qu'il aura rendus à la science. Je ne doute donc pas, Messieurs, qu'après l'exposé de cette très remarquable étude, qui marque une étape sérieuse dans la science de l'hydraulique fluviale, vous ne jugiez qu'il était nécessaire de la faire connaître à la Société.

C. DE CORDEMOY.

NOTE SUR QUELQUES PHÉNOMÈNES OBSERVÉS

DANS LES

COURS D'EAU A FOND MOBILE

PAR

M. Raymond LE BRUN

M Lokhtine apporte avec son remarquable travail sur le *mécanisme du lit fluvial*, un contingent précieux à la science de l'hydraulique fluviale, qui a été vivement apprécié par la Société; mais bien que la discussion des faits qu'il présente soit loin d'être épuisée, le but de cette note n'est pas un nouvel examen de ce mémoire, je me bornerai à appeler l'attention sur quelques phénomènes encore peu connus, dont l'influence sur l'écoulement des eaux mériterait une étude plusapprofondie, que le petit nombre d'observations qu'il m'a été permis de faire.

Lorsque l'on parle de ces questions, on ne peut passer sous silence les travaux de M. Fargue, qu'il me soit permis de rappeler que j'ai le premier eu l'honneur de vous en présenter l'analyse lors des discussions sur l'amélioration de l'estuaire de la Seine qui ont eu lieu devant vous.

Ayant eu à établir des ponts sur les torrents cités parmi les plus dangereux en Europe et dans les pays tropicaux, sur les fleuves d'Espagne dont les crues sont si violentes et le lit si étendu, j'ai dû étudier les moyens de réduire leurs divagations pour fixer les courants sous nos ouvrages, ce qui m'a permis de constater des phénomènes qui, dans cette partie des cours d'eau, sont très nets, très caractéristiques, mais qu'il est plus difficile d'observer dans les biefs, où la violence des courants étant moindre, d'autres causes, d'abord secondaires, deviennent prédominantes, et en atténuent les effets.

Obligé de séjourner dans un bureau de chantier, situé près du sommet du cône de déjection d'un torrent, pendant toute la durée d'un cyclone qui a duré près de trente heures, j'ai pu suivre toutes les phases d'une crue furieuse qui a du écouler

l'énorme quantité d'eau correspondant à une hauteur pluviomètre de 0,45 *m*.

Au moment où la crue a commencé, elle était accompagnée par ce bruit continu si caractéristique, des galets roulants sur le fond du lit, bruit s'accentuant de plus en plus à mesure que la crue augmentait et au milieu duquel on distinguait nettement le choc des gros blocs heurtant les berges ou les obstacles qu'ils rencontraient. Au moment où les eaux étaient les plus grosses, le bruit cessa tout d'un coup et, bien que la pluie continuât avec la même intensité, le niveau baissa très sensiblement, pour remonter quelques instants après accompagné encore par le bruit des matériaux charriés ; ce phénomène se répéta à intervalles plus ou moins rapprochés pendant toute la durée du cyclone.

La crue écoulée, je pus constater que des éboulements formidables s'étaient produits dans le cirque de réception, que le lit était parsemé de grosses roches, leur répartition était caractéristique, elles étaient entassées dans certains points, tandis que dans l'intervalle, il n'en existait qu'un petit nombre, l'explication était évidente : dans la partie supérieure du cours d'eau, des éboulements amenés par les érosions, en barrant le lit, avaient arrêté l'écoulement, le débit diminuant, la puissance de transport des eaux diminuait en même temps et les gros matériaux se déposaient. Une fois le barrage surmonté, le réservoir formé en amont crevait, la vague sur son passage entraînait les gros blocs qui allaient se déposer plus loin jusqu'à ce qu'une vague nouvelle les reprit pour les faire cheminer encore.

Il peut être intéressant de constater que malgré la violence du courant on peut cependant le guider, à condition de ne pas brusquer les coudes. Prévenu par la baisse du baromètre j'avais, pour préserver nos chantiers, débarrassé le lit des gros blocs et, en les reportant sur les berges, essayé de les consolider et de barrer l'entrée d'un ancien bras que nous avions intérêt à supprimer.

Ces travaux, après la crue, avaient suffisamment résisté, quelques blocs de défense avaient été entraînés, de nouveaux s'étaient déposés dans le lit mais, en somme, nous n'avions pas eu de dégâts. Les mêmes précautions furent prises, et plusieurs mois après, un nouveau cyclone put s'écouler sans dommage pour nos travaux dans le lit que nous avions préparé : c'était l'application des précautions indiquées par MM. Surrel et Cézanne ; il est donc possible de fixer le courant, mais à la condition expresse après chaque crue, de nettoyer le lit avec le plus grand soin et de con-

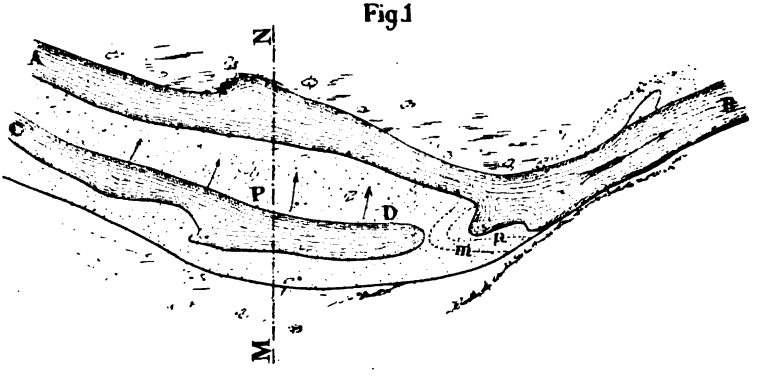
solider les berges. Nous croyons savoir que ces précautions ayant été négligées pendant plusieurs années, les divagations ont repris en emportant les remblais de la ligne.

Il est probable que ce phénomène continue à se produire, mais en s'atténuant en descendant le cours d'eau, parce que les courants sont moins violents, et surtout parce que les affluents régularisent le débit de la crue ; il devient minimum lorsque le fleuve dans la dernière partie de son cours ne transporte plus que des matières tenues entièrement en suspension.

Mais il est encore très net dans toute la partie où le cours d'eau divague dans les grands bancs de gravier, où en basses eaux il circule au milieu d'un grand nombre de bras, entre des îles ou des bancs de gravier déplacés à chaque crue.

En ce cas, un nouveau phénomène peut se produire, dont j'ai relevé deux exemples bien caractérisés : le premier, en amont du pont de Medellin, en Espagne, le second à la rivière Saint-Étienne à l'île de la Réunion. En amont du pont de Medellin, sur le Guadiana, nous avions cru remarquer que la cote des hautes eaux sur la rive droite était *très sensiblement* plus élevée que sur la rive gauche au droit du même profil transversal. Craignant une erreur d'observation, des instructions précises furent données pour assurer la rigueur des observations ultérieures, et en effet, une nouvelle crue plus forte que la première étant survenue quelques semaines plus tard, la même dénivellation fut constatée pendant la première période de la crue, mais elle disparut brusquement au moment des plus hautes eaux, voici ce qui s'était passé.

Fig 1



En basses eaux et en eaux moyennes, tout le débit s'écoulait par le lit mineur AB (*fig. 1*), situé sur la rive gauche. — Un faux

bras CD barré au point D existait depuis plusieurs années sur la rive droite. Sous l'action d'un courant continu, le lit principal s'était creusé à un niveau très sensiblement inférieur à celui des faux bras. A l'origine de la crue, l'eau montant d'une façon continue, avait rempli le faux bras CD, son niveau avait fini par dépasser le sommet du banc P, à ce moment, l'eau remplissait bien le lit majeur, mais les filets liquides, loin d'être parallèles, formaient entre les deux bras des courants transversaux s'écoulant presque normalement dans le chenal, et tendaient, comme nous le verrons, à l'appuyer encore davantage contre la rive droite.

Fig. 2.
Profil MN

La chute en D devenant de plus en plus forte, des affouillements se produisirent suivant *m* et *n* au pied du banc, finissant par déboucher le faux lit qui, se mettant à débiter un plus grand d'eau, se creusa en nivelant la surface des eaux. L'appauvrissement du débit dans le chenal principal, amena une dimintion du courant, de la puissance de transport, des dépôts se formèrent, et après la crue AB était devenu le lit secondaire, CD le lit principal.

Nous avons eu depuis l'occasion de constater souvent ce phénomène, l'exemple le plus caractéristique que nous connaissions a été observé à peu de distance en aval du sommet du cône de déjection de la rivière Saint-Étienne (île de la Réunion), dont le lit majeur atteignait un kilomètre de largeur que nous avons franchi au moyen d'un pont de 520 mètres d'ouverture entre culées (*fig. 3*).

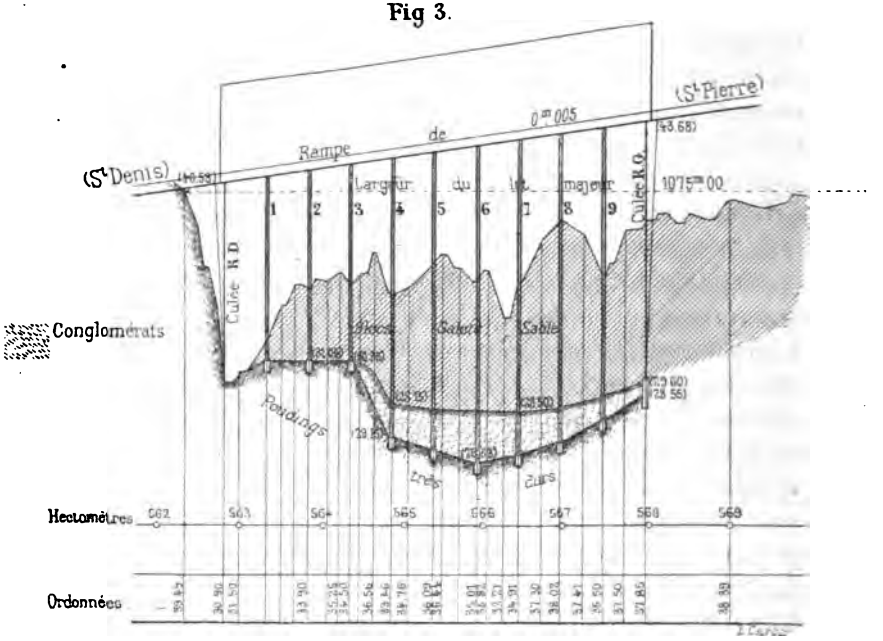
Comme le montre ce profil, le fond du lit sur la rive droite étant à la cote 30,96, le fond du bras de la rive gauche se trouvait à la cote 35,50, ces bras étaient séparés par des bancs de gravier dont la crête atteignait la cote 38.

En creusant les fondations du pont on a rencontré un banc de poudingue partant de la rive droite à la cote du fond du lit, avec une inclinaison inverse de celle de la surface.

Nous avons pu constater que la masse de galets comprise entre ces limites a été entièrement remuée à plusieurs reprises depuis que l'île a été habitée (XVII[e] siècle), puisque des ossements humains et des débris divers de l'industrie humaine ont été trouvés au-dessus de la couche de poudingue dans les fondations de la culée rive gauche, aujourd'hui la partie la plus élevée du lit.

Il y a quelques années, un barrage se forma pendant un cyclone dans le cirque de Cilaos, emmagasinant un volume de 4 à 5 mil-

Fig 3.



lions de mètres cubes, la brèche qui s'ouvrit lorsque l'eau surmonta la crête du bassin atteignit en quelques minutes une profondeur de 25 mètres et une largeur en gueule de plus de 50 mètres.

On se demande quels bouleversements doivent produire ces formidables courants dont la vitesse atteint 70 kilomètres à l'heure avec des dénivellations transversales dépassant 7 mètres.

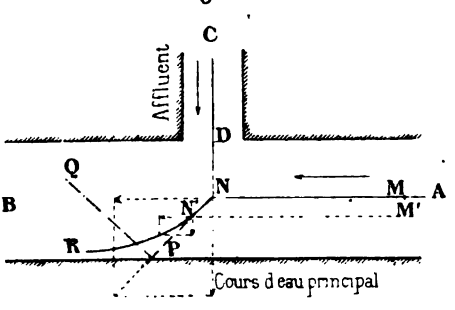
Ces exemples démontrent quel rôle important doivent jouer à la fois les dépôts successifs de matériaux et les courants transversaux dans les variations du fond du lit, ces deux phénomènes permettant d'expliquer dans un grand nombre de cas les divagations des rivières coulant dans les terrains mobiles, surtout dans la partie torrentielle ou semi-torrentielle de leur cours; des phénomènes analogues doivent nécessairement se passer dans les parties à pente plus modérée, mais ils sont alors moins faciles à observer parce que les cours d'eau gonflés par les affluents dont les variations ne sont pas simultanées, se rapprochent davantage du régime permanent.

Cette constatation de l'existence de courants transversaux dans le lit des rivières fait sentir combien doit être importante l'étude de leurs effets. M. Lokhtine a posé la question en examinant ce qui se passe à la rencontre d'un affluent, permettez-moi d'y ajouter quelques considérations tirées d'une note que j'ai remise en 1894 à la Société des Ingénieurs Civils de Londres *sur l'action réciproque des courants les uns sur les autres.*

Il paraît bien difficile de se rendre compte du régime des masses d'eau en mouvement si l'on n'a pas étudié ces phénomènes, surtout dans les fractions du lit où la largeur est très grande par rapport à la profondeur, notamment dans les estuaires, là où le tracé des rives ne peut avoir d'influence qu'à une distance relativement faible par rapport à la largeur totale.

Soit un affluent CD *(fig. 4)* venant rencontrer un cours d'eau AB, sous un angle voisin de l'angle droit, le courant secondaire créera un obstacle à la marche du courant principal, la perte de puissance vive se traduira par un gonflement des eaux en amont, le filet liquide MN sera dévié en N suivant la résultante des deux vitesses, tendra à venir frapper la rive en P et si cette rive est inaffouillable, il sera réfléchi vers Q. Le point P étant sensiblement en aval du confluent.

Fig. 4.



Les résultats constatés par la pratique sont les suivants :

En amont : diminution des vitesses, gonflement de l'eau et souvent crues dangereuses, formation de seuils, de bancs, même d'îles ;

En aval : augmentation des vitesses, creusement d'une fosse, changement dans la direction du thalweg.

Ces effets sont d'autant plus accusés que l'angle ADC est plus ouvert, d'autant plus atténués que l'angle sera plus aigu, au point que les eaux peuvent couler parallèlement dans le même lit sans se mêler sur une grande distance.

Tout le monde connaît les travaux exécutés pour corriger les

confluents de certains grands cours d'eau mal tracés par la nature, et atténuer les désastres produits par leurs crues.

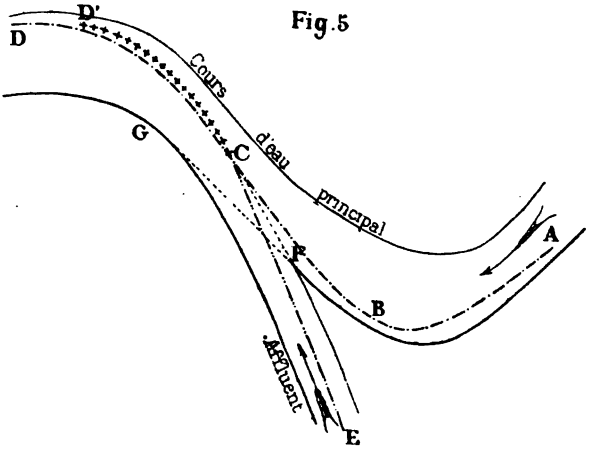
En réalité, les choses ne se passent pas aussi simplement, le cours d'eau ne se compose pas du seul filet liquide MN, lorsqu'il est dévié de N en N′ il rencontre un second filet M′N′ qui le dévie suivant la nouvelle résulante N′R, et ainsi de suite. Au lieu d'être une ligne droite, la trajectoire sera donc une courbe qui sera tangente à la rive AB en un point B sensiblement en aval du point P. C'est un phénomène analogue à la loi du retard constatée par M. Fargue.

De cette observation on déduit une remarque fort importante : *Un courant transversal a pour effet d'appuyer le courant principal sur la rive opposée.*

On en peut tirer des applications fécondes dont une très importante est, lorsqu'on est maître du tracé des rives d'un cours d'eau de fixer la position du confluent en un point tel que l'action de son courant vienne en aide, ou du moins ne soit pas un obstacle à l'action que l'on demande à la courbure des rives pour le redressement et l'approfondissement du chenal.

Supposons un cours d'eau *(fig. 5)* ABCD tracé d'après les règles

Fig. 5



données par M. Fargue. La mouille se trouvera en B et le chenal passera d'une anse à l'autre au changement de courbure des rives. Il semble donc que la situation la plus favorable sera vers le point d'inflexion C qui suit la rive concave ; en effet, son action aura pour effet : 1° de créer un remous en amont et un seuil qui n'aura pas d'inconvénient puisqu'il correspond à la fosse B ; 2° de rejeter

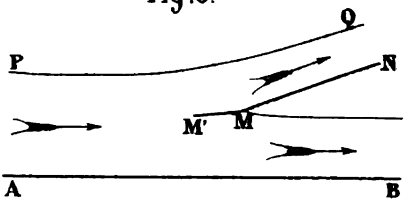
le courant dans l'anse aval, et l'accroissement du courant tendra à effacer le seuil C qui se produit normalement entre les points C et D, enfin, c'est en ce point qu'il est le plus facile de le tracer sous l'angle le plus favorable.

Il faudra tenir compte que le chenal CD sera dévié suivant une nouvelle direction CD′ et que, par suite, le tracé de l'anse D devra être modifié suivant l'importance du courant de l'affluent et en tenant compte des diverses perturbations que son régime amènera dans le lit du cours d'eau principal.

Nous venons d'examiner ce qui se passe lorsque deux courants viennent se rencontrer, il y a lieu d'étudier le phénomène inverse, celui où un courant se divise entre deux directions AB, PQ *(fig. 6)*. Il se partage à la pointe M entre les deux lits dans des proportions encore peu connues qui doivent être déterminées par la section du lit, sa pente, son tracé, sa résistance, l'angle du courant d'alimentation avec chacune des directions moyennes d'après son mode de propagation soit translation simple, soit propagation de l'onde marée modifiée par l'état des courants de jusant dans chaque bras au moment du renversement, enfin par les vents dominants. Cette répartition doit donc se faire d'après des lois fort complexes, encore très peu connues.

L'Ingénieur peut au moyen d'un épi tel que MM′ modifier cette répartition, mais le tracé doit en être fort délicat; il paraît évident qu'une mauvaise direction peut, en gênant l'écoulement, provoquer des seuils et empirer la situation au lieu de l'améliorer, aussi serait-il à souhaiter que l'on donnât la plus grande publicité aux observations déjà faites, et qu'on les soumît à une discussion approfondie.

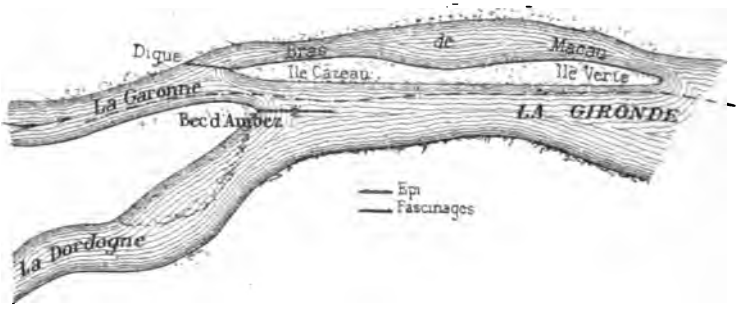
Fig. 6.



Ces indications correspondent à l'état moyen des cours d'eau, résultant du régime obtenu par la succession des crues ordinaires et des basses eaux, elles peuvent être troublées par des perturbations anormales, par une rupture violente de cet équilibre, telle qu'une crue exceptionnelle de l'un des cours d'eau amenant des masses considérables d'alluvions, mais sous l'action du régime normal prolongé pendant un certain temps, la situation tend à redevenir ce qu'elle était, d'ailleurs on peut, par des dragages, hâter le retour à l'état primitif.

L'étude de ces phénomènes a une importance bien plus générale que celle des cas simples que nous venons d'examiner, on

Fig. 7.



les retrouve en effet à l'amont et à l'aval des îles dont sont semés certains cours d'eau, ils contribuent à expliquer leurs divagations dans les terrains meubles, on en retrouve les effets dans le lit des fleuves dont la largeur est très grande par rapport à leur profondeur, pour lesquels la forme des rives, devient plus ou moins négligeable, dans lesquels les courants se divisent, se superposent, tourbillonnent pour se séparer de nouveau, creusant plusieurs chenaux qui s'enchevêtrent et qui sont modifiés encore plus profondément dans les estuaires sous les actions si différentes du flot et du jusant.

Ces phénomènes sont d'autant plus obscurs, sont d'autant plus profondément modifiés que les courants se meuvent dans des masses liquides dont les profondeurs changent à chaque moment, dont les densités varient suivant l'état de la salure, de la quantité de matières en suspension. Les conséquences bien nettes de ce qui se passe à la rencontre de deux courants définis doivent jeter une grande lumière sur les résultats probables de ces rencontres, les mêmes causes doivent produire les mêmes effets, et l'expérience démontre qu'il est possible, malgré leur complication apparente de les discipliner à la condition de maintenir par des ouvrages appropriés la permanence des causes agissant dans un sens favorable, à atténuer dans la mesure du possible, si on ne peut les supprimer, les causes perturbatrices, enfin, de tirer parti des effets les plus variables comme ceux du vent, en disposant l'orientation dans le sens le plus convenable par rapport à l'action prédominante des vents dominants.

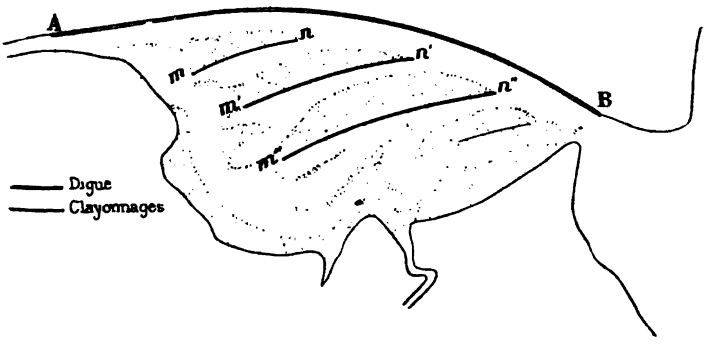
L'exemple tant de fois cité de l'estuaire de la Foyle, en est une

démonstration remarquable *(fig. 5)* (1); il a été trop souvent cité pour que nous entrions dans de longs détails; le chenal principal s'appuye sur la rive ouest garantie des vents dominants par les hautes collines du Donegal, les bancs de sable s'élèvent en pente douce depuis le chenal jusqu'à la rive opposée, ils sont séparés par des faux bras inclinés dans la direction du jusant dont la concavité est tournée vers l'aval, terminée en cul-de-sac, ils servent à l'introduction du flot, ainsi qu'à l'écoulement des eaux de la baie au moment du jusant.

Le plan et le profil en long du chenal principal sont une confirmation très nette de ce que nous venons d'exposer; on remarque, en effet, que la profondeur moyenne du chenal va en augmentant depuis le sommet de l'estuaire jusqu'à son débouché dans la mer où elle atteint son maximum; dans le profil en long on remarque un certain nombre de seuils en amont de chacun des faux bras que l'on peut considérer comme des affluents pendant le jusant; une fosse se creuse en aval.

Ne peut-on reproduire, en tenant compte des circonstances lo-

Fig.8.



cales, cet état de choses si favorable à la navigation, essayer de fixer *(fig. 8)* au moyen d'une digue résistante concave AB, un des côtés du chenal, provoquer au moyen d'épis noyés *mn*, *m'n'*, *m''n''* des faux bras au travers de l'estuaire jouant au jusant le rôle d'affluents, maintenant contre la digue le chenal principal, et surtout fixer l'embouchure en concentrant tous les courants dans une seule passe pour régulariser l'entrée du flot et maintenir toujours au même point l'action du jusant pour assurer la fixité et la profondeur du chenal.

Si les ouvrages permanents ne suffisent pas pour lutter contre certaines forces telles que le transport des alluvions, l'étude des phénomènes physiques a permis de l'atténuer souvent par le reboisement judicieux des montagnes, et quant aux transports que l'on ne peut arrêter, il y a lieu d'espérer que des études patientes, des expériences rationnelles permettront de trouver les moyens d'assurer leur écoulement sans trop de gêne. Ce qui se tente sur la Loire ne peut manquer d'être un fécond enseignement.

Nous n'avons pas à parler des moyens mécaniques que l'Ingénieur tient à sa dispositon pour l'amélioration des cours d'eau, ils rentrent dans une toute autre catégorie d'idées que nous n'envisageons pas ici.

Mais en nous en tenant à l'application seule des lois physiques il est encourageant de constater qu'un grand nombre de travaux ont donné des résultats féconds, et si d'autres ont été suivis d'insuccès, l'expérience acquise à la suite des fautes n'en est pas moins profitable.

On peut donc conclure que des faits déjà observés on peut à coup sûr déduire certaines conséquences, auxquelles on peut déjà donner le nom de lois physiques, bien que l'explication des phénomènes qu'ils mettent en jeu ne soit pas encore complète, mais il reste encore un long chemin à parcourir avant de pouvoir débrouiller dans la complexité apparente de l'écoulement des eaux chargées d'alluvions dans les lits mobiles, toutes les causes réciproques qui agissent les unes sur les autres et dont la résultante constitue à un moment donné le régime si instable de ces cours d'eau. Il semble superflu d'ajouter que l'Ingénieur aura d'autant plus de chances de succès qu'il connaîtra mieux ces lois parce qu'il saura discerner celles dont il aura à tenir compte dans le cas particulier qu'il étudie et qu'il aura moins de chances d'en négliger qui pourraient gêner le but qu'il cherche à atteindre.

En terminant, qu'il nous soit permis d'émettre un vœu: les expériences déjà faites (1) montrent la possibilité de reproduire avec des modèles à échelle réduite, les phénomènes les plus complexes, n'y a-t-il pas là l'indication d'un vaste programme qu'il serait utile de mettre à exécution?

(1) Parmi les plus remarquables, nous citerons celles de M. Fargue sur la Garonne et celles de M. Vernon-Harcourt sur un grand nombre de cours d'eau.

Là où la théorie se montre impuissante il faut y suppléer par l'observation, la comparaison, l'analogie, l'expérience.

Ces études ne pourraient-elles être faites rationnellement en partant des phénomènes simples pour arriver à leur superposition. Les questions judicieusement choisies augmenteraient vite le nombre de nos connaissances positives, et le nombre des règles indiscutables qui ont déjà été formulées ; elles permettraient d'aborder avec plus de sûreté les problèmes considérés actuellement comme à peu près insolubles ; en décomposant les causes, on peut arriver plus facilement à la découverte de leur résultante.

C'est l'histoire du développement des sciences physiques.

Dans l'un des prochains congrès internationaux de navigation, ne pourrait-on pas désigner une Commission pour arrêter un programme, pour le mettre à exécution en provoquant les souscriptions de tous les intéressés à ces grands travaux : gouvernements, syndicats des ports, chambres de commerce, il semble que l'importance du but à atteindre en vaut la peine.

BRÈVES OBSERVATIONS

SUR

L'ÉTUDE DE M. LOKHTINE

« LE MÉCANISME DU LIT FLUVIAL »

PAR

M. L.-L. VAUTHIER

Comment l'eau coule-t-elle dans le lit des rivières ? Pourquoi beaucoup de celles-ci présentent-elles, en certains points, une section profonde, dégagée d'obstacles, et, sur d'autres, des dépôts de situation et de relief à peu près invariables ? Tel est le problème de philosophie naturelle, ainsi qu'on disait au siècle dernier, qui s'est posé à l'attention du savant auteur de ce travail, et a déterminé, de sa part, des études et des conclusions dont plusieurs sont dignes d'être retenues. Ce travail est assurément, dans tous les cas, une contribution très importante à la solution des problèmes qui se rattachent au mouvement des eaux courantes.

La Russie possède de nombreux cours d'eau d'une grande puissance. Ce sont des voies naturelles de transport que l'intelligence humaine a la faculté de perfectionner quand elle en sait les moyens et peut mettre ceux-ci en œuvre. Il semble, d'après ce qu'indique l'auteur de l'écrit qui nous occupe, qu'on a essayé sans succès d'appliquer sur quelques-uns d'entre eux le système des barrages mobiles qui a donné ailleurs, en France notamment, des résultats favorables.

Quoi qu'il en soit, presque rien dans cet écrit n'a trait aux procédés à employer par l'art de l'Ingénieur pour améliorer les conditions de navigabilité des rivières. Connaître leur mode de fonctionnement, en tant que canaux d'écoulement vers la mer des eaux météoriques tombant sur la surface du bassin qu'elles drainent, telle a été la principale préoccupation de l'auteur. Ayant de nombreux cas particuliers sous les yeux, disposant

pour partie d'entre eux de données plus ou moins précises, il a, dans un problème, d'une effrayante complexité, procédé par voie de comparaison, sans exclure les généralisations qui seules, fussent-elles un peu hasardées, peuvent rendre féconds, en les condensant en formules, les résultats de l'observation des faits. La méthode est bonne. C'est celle dont, depuis plus d'un demi-siècle, ont fait usage nos Ingénieurs hydrauliciens dans leurs études et travaux pour l'amélioration des rivières.

Quel parti M. Lokhtine a-t-il tiré de cette méthode ?

Avant de l'indiquer, — et ce sont là les points les plus importants à relever, — quelques considérations préliminaires sur l'hydraulique générale des cours d'eau, que le savant Ingénieur ne nous semble pas avoir convenablement interprétée, ne seront pas, croyons nous, inutiles.

Malgré des travaux théoriques éminents tels que ceux de Daniel Bernoulli, le seul nom que nous citerons dans une série de savants illustres, les lois de l'écoulement de l'eau, notamment dans les canaux découverts, sont restées longtemps un mystère. On connaissait les principes de mécanique rationnelle qui président au phénomène ; mais, dans les lits naturels, les circonstances contingentes, variables d'un lit à l'autre, et, dans le même lit, sur les divers points de son parcours, exercent sur les résultats une influence si prépondérante que des considérations abstraites restaient absolument impuissantes à rendre compte de ceux-ci.

Pour la première fois, vers la fin du siècle dernier, par des expériences que l'art de l'Ingénieur n'oubliera jamais, et consultera toujours avec fruit, le savant et modeste Dubuat vint jeter une vive lumière dans ce chaos. Toutefois, malgré ce concours précieux, c'est au seul mouvement uniforme des eaux courantes que la science de l'hydraulique, si heureusement éclairée par lui, borna à ce moment ses efforts. Prony donna ses formules et ses tables qui ont rendu de si éminents services. Une lacune pourtant subsistait. Lors même que le débit reste constant, l'écoulement permanent dans un lit naturel présente d'un point au suivant des variations plus ou moins considérables. Comment les expliquer ? comment expliquer, par exemple, qu'un lit artificiel de même forme sur toute son étendue, et sans aucune pente de fond, soit capable d'un débit donné, lorsque la loi du mouvement uniforme, impliquant le parallélisme absolu du fond et de

la surface entraînerait dans ce cas la stagnation complète de l'eau ? C'est en poursuivant la solution de ce problème que Bélanger et Poncelet étaient arrivés presqu'en même temps à poser les bases de la théorie du mouvement permanent des eaux courantes, lorsqu'en 1836 Pierre Vauthier, dégageant la formule de toute considération se rattachant à la pente du fond, et ne la faisant plus dépendre que de la pente de surface et des sections mouillées successives du lit, fut le vrai fondateur de l'hydraulique des cours d'eau naturels.

Cette pente de surface, la seule que nos yeux perçoivent et que déterminent avec facilité nos instruments, se compose de deux parties dont l'une est employée à vaincre la résistance du lit et dont l'autre sert à modifier la force vive du liquide en mouvement.

En appelant φ la fonction de la vitesse moyenne u qui exprime la résistance de la paroi mouillée, dans l'étendue de chaque élément ds du courant, z la pente de surface, α un coefficient à peine variable, très voisin de l'unité et qu'on peut pratiquement supposer constant, enfin g la force accélératrice de la gravité, l'expression différentielle de cette loi est :

$$dz = \varphi ds + \frac{\alpha u du}{g};$$

Laquelle, intégrée dans l'étendue d'un élément s_1 où la vitesse moyenne passe de u_0 à u_1, donne :

$$z = \int_0^{s_1} \varphi ds + \frac{\alpha(u_1^2 - u_0^2)}{2g}.$$

Et, finalement, sous la forme moins analytique, mais plus simple :

$$z = \zeta \pm h. \qquad [1]$$

dans laquelle sont désignées : par ζ la portion de pente nécessaire pour vaincre la somme des résistances à la paroi, et, par h, la seconde portion représentée par le terme $\frac{\alpha(u_1^2 - u_0^2)}{2g}$, lequel est tantôt positif, tantôt négatif, selon que u_1 est plus grand ou plus petit que u_0.

Depuis Prony, la fonction de la vitesse correspondant au premier terme du second membre, a été profondément remaniée par Darcy à la suite d'expériences nombreuses faites dans les

plus parfaites conditions d'exactitude. A un binôme de la forme $\frac{au + bu^2}{R}$, R étant le rapport $\left(\frac{\omega}{\chi}\right)$ de la section au périmètre mouillé, a été substitué le monôme $\frac{Au^2}{R}$, où la lettre R a le même sens que précédemment, et dans lequel A est un coefficient numérique, variable avec R et avec la nature de la paroi. On a, de plus, approfondi la valeur numérique du coefficient α du second terme et démontré si complètement combien il diffère peu de l'unité que beaucoup d'hydrauliciens n'en tiennent pas compte. Mais, hors de cela, la formule elle-même du mouvement permanent n'a pas varié et est désormais classique.

Quelles sont les conséquences générales de cette formule qui n'est d'ailleurs, on le comprend, applicable dans des conditions suffisamment rigoureuses qu'à des lits naturels ne présentant pas de changements absolument brusques, et à des portions successives du courant assez courtes et assez convenablement délimitées pour que la section et le périmètre mouillés puissent être pratiquement considérés comme croissant ou décroissant continuement dans leur étendue?

Lorsqu'on envisage une portion étendue d'un cours d'eau naturel présentant une succession de sections transversales fortes et faibles, le terme ζ de la relation [1] varie de grandeur sans cesser d'avoir une valeur positive; mais, le terme h variant du positif au négatif, dans la somme algébrique des valeurs de Σ constituant la pente totale Z, il ne reste plus que l'ensemble totalisé des valeurs successives de ζ, augmenté ou réduit de la valeur h dépendant de la seule différence de vitesse de la section extrême d'amont à la section extrême d'aval, soit :

$$Z' = \Sigma\zeta \pm h. \qquad [2]$$

Et, si l'étendue embrassée est considérable, la valeur de Z dépend à peu près exclusivement du premier terme du second membre.

Pour une section de 100 *km*, par exemple, d'un cours d'eau dont la résistance à la paroi correspond moyennement par kilomètre à 0,10 *m* et dont les vitesses moyennes extrêmes sont : à l'amont, 2 *m* ; à l'aval, 1,50 *m*, on aura, en supposant $\alpha = 1{,}10$:

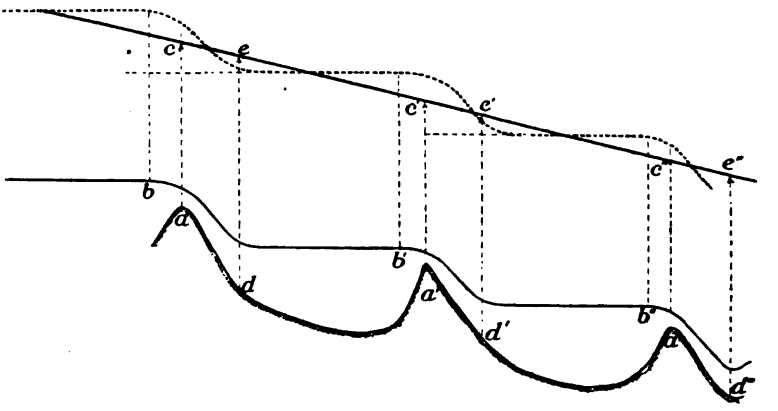
$$Z = 10\ m - 0{,}098 = 9{,}902\ m.$$

Résultat qui diffère si peu de 10 *m* que la pente moyenne n'en est altérée que d'un centième.

On comprend que, dans un cas semblable, le terme d'atténuation ou d'accélération de la vitesse puisse être négligé sans que cette mise à l'écart affecte sensiblement les conséquences qui ressortent du terme de la résistance envisagé seul. Mais, inversement, lorsqu'il s'agit d'une courte portion embrassant des sections transversales superficiellement très différentes, comprenant en même temps des *mouilles* de grande profondeur, — ou des *bas-fonds*, comme les dénomme M. Lokhtine, — et des *maigres* sur lesquels la hauteur d'eau est extrêmement réduite à l'étiage, on conçoit quelles erreurs peuvent naître de la négligence du second terme h, relativement aux conséquences à tirer des pentes de surface observées.

Or, ce second terme, M. Lokhtine n'en a jamais tenu compte; et, si cela n'a eu qu'une influence nulle ou insignifiante sur les déductions qu'il a dégagées avec une grande sagacité de la considération des pentes moyennes sur de longues étendues, en revanche, il en est résulté, pour les cas de portions de courant de faible longueur, des appréciations qui soulèvent le doute et doivent être examinées avec la plus grande attention.

Considérons, à l'aide du croquis ci-dessous, le profil en long d'une section de rivière présentant comme la Garonne dans sa région moyenne, ou comme le Volga et le Dniester, auxquels



M. Lokhtine emprunte le plus fréquemment ses exemples, une succession de mouilles et de maigres. Pour les Ingénieurs français, la Garonne est une rivière à fond mobile; pour M. Lokhtine, les fleuves désignés ont des lits résistants. Ces différences de dénomination n'ont aucune importance. C'est affaire de classifica-

tion. Dans les deux cas, le fond n'est très instable ni le lit inattaquable. Il s'agit, ici comme là, de cours d'eau de même genre ayant des propriétés analogues.

L'échelle des hauteurs de ce profil est très grande par rapport à celle des longueurs, et les pentes, par suite, fort exagérées. Les seuils a; a', a'', sur lesquels passe une lame mince, retiennent l'eau dans les mouilles, sous une pente de surface très faible, comme dans des biefs artificiels. Ce n'est qu'à partir des points b, b', b'', situés en amont des seuils que la surface du courant s'incline pour imprimer à l'eau, en vertu de la différence de niveau, la vitesse exigée par le débit, à l'image de ce qui se passe dans le cas d'un déversoir artificiel. Dans l'étendue des rapides, l'eau coule avec des vitesses plus ou moins grandes suivant les dispositions du lit, et il arrive souvent qu'au pied du maigre, à la rencontre du bief inférieur, se produit une contre-pente, ainsi qu'il est indiqué en d''. Sur les dix rapides que contiennent les 55 *km* du cours de la Garonne en aval de l'embouchure du Lot, qui ont fait l'objet, dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1848, de l'important mémoire de M. Baumgarten, souvent cité par M. Lokhtine, cinq offrent à l'étiage, avec des surhaussements marqués, ce trait particulier qui s'y rencontre également au pied de plusieurs d'entre eux, ou dans des situations différentes, par d'autres états des eaux.

Lorsque le débit croît, le profil du courant ne reste pas, ainsi que le remarque M. Lokhtine, parallèle au profil d'étiage. Avec des variations dépendantes des accidents du lit, à mesure que le niveau général des eaux s'élève, la pente augmente dans les mouilles, diminue au droit des rapides, et le profil tend à se rectifier suivant une ligne droite représentant la pente moyenne dans l'étendue considérée. Ainsi que le fait observer M. Baumgarten lui-même, dans le mémoire cité, alors qu'un profil voisin de l'étiage, auquel correspond un débit de 134 m^3 par seconde, présente 9 oscillations par rapport à la pente moyenne et coupe cette droite 8 fois, on n'a plus, pour une faible crue, débit 765 m^3, que 5 oscillations et 4 coupures, et pour une crue plus forte, débit 2 260 m^3, que 3 oscillations et 2 coupures seulement.

Quelles conséquences tirer de ces observations de fait? M. Lokhtine, quoique sachant bien que les mouilles, dans les rivières examinées, correspondent le plus souvent, sinon toujours, aux courbures du lit en plan, attribue à ces courbures seules les changements qui se produisent, dans les pentes superficielles de l'eau,

lors de son ascension au-dessus de l'étiage, et reproche à M. Baumgarten de n'avoir pas signalé cette circonstance qui, pour la la Garonne, des basses aux hautes eaux, porte *dans les courbes*, par kilomètre, la moyenne des pentes de surface de 0,1075 à 0,3440, augmentation dans le rapport 3,20, tandis que, *dans les alignements droits*, cette moyenne descend de 0,4000 à 0,2610, réduction dans le rapport 1,53. De plus, M. Lokhtine, concluant de la variation des pentes à celle des vitesses, déduit des observations qui précèdent jointes aux siennes propres que, dans les cours d'eau en escaliers présentant à l'étiage une succession de biefs à faible pente et de rapides, la vitesse est, par les hautes eaux, plus forte dans les biefs, plus faible à l'endroit des maigres, ce qui fait que les matières charriées, immobiles suivant un certain état d'équilibre en basses eaux, sont, lors des crues, entraînées, par la vitesse croissante, des sections à grande profondeur et déposées par contre, en raison de la vitesse amoindrie, dans les sections de faible profondeur à l'étiage ; d'où cette loi générale que les hautes eaux jouent « un rôle prépondérant dans la formation du lit ».

Nous ne sommes nullement disposé à contester cette assertion finale que tant de circonstances tendent à justifier. Mais la démonstration qui en est donnée est bien peu en rapport avec les conditions fondamentales qui régissent le mouvement des eaux courantes. Sans doute, ainsi qu'il résulte de la relation (2) ci-dessus, la moyenne vitesse générale qui s'établit dans un cours d'eau sur une étendue relativement grande comprenant, pour fixer un chiffre, quelques centaines de fois la largeur moyenne du lit, dépend presque aussi étroitement de la pente moyenne de ce lit, que la chose est vraie de celles que prend un courant de régime uniforme dans le canal, de gabarit convenable, plus ou moins incliné qui le contient. Mais il est, en revanche, absolument faux que l'on puisse, en un point donné d'un cours d'eau naturel, conclure aucunement de la pente à la vitesse qui s'y rencontrent. Les deux éléments n'ont là, entre eux, aucune relation. Le fait des contre-pentes de surface en témoigne matériellement d'une façon péremptoire, et la relation [1] l'affirme également, puisque, pour une même vitesse moyenne $\left(\frac{Q}{\omega}\right)$, les deux termes du second membre étant du même ordre de grandeur, la pente de surface peut être positive, nulle ou négative, suivant la façon dont sont échelonnées les sections transversales du cou-

rant. Conclure de la pente locale observée à la vitesse correspondante ou réciproquement est donc, hydrauliquement, absolument inexact, en ce qui touche les cours d'eau naturels.

Ce n'est point ici une puérile querelle d'école. C'est un principe essentiel. Que son inobservance n'empêche pas certaines conclusions d'être justes, lorsqu'elles portent sur des étendues relativement considérables d'un cours d'eau ; nous en avons déjà fait la remarque ci-dessus. Mais cette inobservance peut fausser radicalement, au contraire, certaines conclusions locales, non pas seulement pour le cas où il s'agirait de modifier artificiellement l'état du lit en vue d'un perfectionnement, ainsi qu'on le demande à l'art de l'Ingénieur, mais en ce qui touche même à la simple appréciation de la manière dont le cours d'eau fonctionne.

M. Lokhtine pense que c'est dans les crues que les matériaux charriés se déposent à l'endroit des rapides, constituant, par cet état des eaux, les bancs de gravier qui découvrent ensuite à l'étiage. Identifiant la vitesse à la pente, constatant que cette dernière croît dans les mouilles et diminue au contraire au droit des maigres, il voit les bancs qui occasionnent ceux-ci remaniés par les courants des hautes eaux, emportés par elles, abandonnés plus bas, puis remplacés par d'autres et cheminant ainsi comme par relais de l'amont à l'aval. La vue est ingénieuse. C'est là un emploi donné à l'excédent de force vive du courant, dont celui-ci pourrait faire plus mauvais usage, et les bas fonds et les maigres, systématiquement combinés, sont pour M. Lokhtine des « instruments indispensables et immuables dans l'œuvre de l'entraînement des dépôts. »

Le mot « instrument » est peut-être mal choisi. La faute ne vient-elle pas du traducteur? Cela importe assez peu. Mais, malgré sa tendance légèrement providentialiste, qui semble frapper d'interdit toute intervention de l'effort humain, cette généralisation caractérise un robuste esprit. Nous répéterons même, ainsi que nous l'avons dit tout à l'heure, qu'avec la plupart des observateurs nous avons tendance à attribuer aux grandes eaux une part prépondérante dans la plastique générale des lits fluviaux. Seulement les choses se passent-elles bien ainsi que M. Lokhtine nous l'affirme, et surtout ont-elles pour cause le fait des variations de pente auxquelles il les attribue?

Sur le premier point, l'enlèvement successif des bancs de gravier et leur remplacement par d'autres, le fait est-il bien réel?

Un observateur auquel il faut toujours en revenir à propos des lits en escalier, M. Baumgarten, dit avoir, sur la portion du cours de la Garonne améliorée par lui, constaté par des expériences, et cela contrairement à l'opinion de nombreux Ingénieurs, la fixité presque absolue des bancs de gravier, formés d'éléments de 0,05 à 0,15 *m* de longueur, découvrant à l'étiage. Il ne nie pas pour cela le déplacement lent de graviers de grosseur analogue, et constate pleinement, en même temps que le transport continu des vases et limons, l'entraînement par les crues de matériaux graveleux et sablonneux de volume inférieur aux galets dont il est question plus haut.

Cela n'infirme pas la thèse de M. Lokhtine, et nos observations personnelles sur un cours d'eau du bassin de la Gironde, ayant beaucoup d'analogie avec la Garonne, sont d'accord avec cette thèse sur bien des points. Mais cela peut mettre en doute sur les effets, que M. Lokhtine indique, et qui ressortent de déductions logiques, non d'observations directes.

Quant aux causes d'où ces effets peuvent provenir, reportons-nous au croquis donné ci-dessus. Nous y avons tracé, en même temps qu'un contour supérieur parallèle aux eaux d'étiage, la surface d'une crue coulant à la même hauteur, sous la pente moyenne de lit considéré. Nous ne prétendons pas que, dans un cas naturel, l'écoulement des hautes eaux s'opère avec cette absolue régularité. Mais à mesure que le débit croît, s'il n'y a pas débordement, tant qu'un lit majeur contient toutes les eaux, c'est vers une limite analogue que la surface du courant marche. Ici encore, M. Baumgarten nous apporte son témoignage. Notre pente moyenne coupe le contour parallèle à l'étiage vers le milieu des mouilles et des rapides. Les profils de la Garonne par divers états des eaux reproduisent, dans les grandes crues, cette circonstance caractéristique en plusieurs endroits. Elle se traduit dans ce fait qu'aux points correspondants, l'un au sommet, l'autre au pied d'un rapide, la hauteur de la crue est inférieure à la montée moyenne sur les premiers, et la dépasse sur les seconds. C'est, d'après le tableau ci-dessous, comprenant les huit principaux rapides situés entre l'embouchure du Lot et la limite du département de la Gironde, ce qui, dans une crue de 9,32 *m*, comparée à un profil de basses eaux de 0,62 *m* au-dessus de l'étiage, se manifeste pour trois d'entre eux, l'excédent de surélévation au pied du rapide ne suffisant pas pour les cinq autres à faire passer la surface de la crue du dessous au-dessus du contour

parallèle, mais réduisant fortement, à ce pied, la distance qui sépare la crue du contour.

POINTS DU PROFIL CONSIDÉRÉS		SITUATION DE LA CRUE PAR RAPPORT au contour parallèle aux basses eaux		DISCORDANCES AVEC LE PARALLÉLISME dans les		OBSERVATIONS
Situation kilométrique	Caractère par rapport au rapide	En dessous —	En dessus +	rapides	mouilles	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
57	Pied.	»	0,70			
				»	1,40	Les nombres des colonnes (5) et (6) sont les sommes ou les différences des nombres comparés des colonnes (3) et (4), suivant que ceux-ci sont placés dans des colonnes différentes ou dans la même colonne.
60,5	Sommet.	0,70	»			
				1,35	»	
63,4	Pied.	»	0,65			
				»	1,26	
66	Sommet.	0,61	»			
				0,39	»	
67	Pied.	0,22	»			
				»	0,15	
69,4	Sommet.	0,35	»			
				0,45	»	
70,5	Pied.	»	0,10			
				»	1,34	
75,5	Sommet.	1,24	»			
				0,33	»	
76,5	Pied.	0,91	»			
				»	0,15	
78,8	Sommet.	1,06	»			
				0,51	»	
79,5	Pied.	0,55	»			
				»	0,25	
83,75	Sommet.	0,80	»			
				1,16	»	
86,25	Pied.	»	0,36			
				»	1,61	
94,5	Sommet.	1,25	»			
				1,23	»	
98	Pied.	0,02	»			
				»	0,78	
104,5	Sommet.	0,80	»			
				0,70	»	
105	Pied.	0,10	»			

Ce tableau justifie pleinement, en tant que disposition type, celle adoptée dans le croquis. Ce n'est pas que nous prétendions que le thalweg conserve, par les hautes eaux, la complète fixité que nous lui avons supposée. Mais ce ne sont pas quelques déplacements de matériaux sur le fond qui peuvent beaucoup en modifier la forme, et les remarques présentées ci-dessus, à l'aide de M. Baumgarten, autorisent pleinement à regarder ces modifications comme négligeables relativement aux déplacements du plan d'eau. Cela étant, que dit le croquis quant aux vitesses comparées, dans les biefs et sur les maigres, par les états extrêmes des eaux, en raisonnant comme si, dans tous deux, les largeurs du

lit étaient respectivement égales, ce qui permet de conclure des hauteurs d'eau sur le fond à l'amplitude des sections correspondantes? Dans les basses eaux, des biefs aux maigres, la différence des vitesses est considérable. A mesure que les eaux s'élèvent, l'écart entre ces vitesses diminue, et, lorsque le plus haut niveau est atteint, que se passe-t-il dans une section du courant telle que celle *de d'e'*, comprise entre les pieds de deux rapides consécutifs? Dans l'étendue du bief, en amont du sommet du maigre, la vitesse moyenne est plus faible que dans l'étendue de celui-ci. Mais ces deux parties présentent un caractère différent. Pour la première, la vitesse est plus forte en aval qu'en amont, et c'est le contraire pour la seconde. Cela explique comment, nonobstant la différence des vitesses, la pente puisse être identique dans les deux parties. Il peut même arriver, suivant les cas, que la pente dans l'étendue du bief soit plus forte qu'au droit dû rapide, et qu'à l'aplomb du sommet du maigre il y ait, dans la pente générale, une brisure ouvrant vers le haut. Mais, que cela soit ou non, ce qui est de toute évidence c'est que l'écart entre les vitesses régnant dans l'étendue du rapide et de la mouille est relativement beaucoup moindre par les hautes eaux que par les basses; que, comme les pentes, les vitesses marchent vers l'égalisation; et cela suffit pour concevoir, sinon pour démontrer que, sous l'influence des propriétés du lit, plus ou moins étrangères à la pente de surface, qui déterminent et comportent, à l'étiage, l'existence de bancs de gravier formant les maigres, les matières en mouvement sur le fond, par les hautes eaux, puissent se déposer à l'endroit où ces bancs se trouvent, et cela non parce que la vitesse y est moindre que dans la mouille d'amont, mais parce qu'elle en diffère relativement peu.

Les pentes locales de surface n'ont donc qu'un rôle minime à jouer dans les problèmes d'hydraulique fluviale. Des considérations analogues à celles qu'à tendance à en déduire M. Lokhtine pourraient même entraîner à de graves erreurs. Il n'était pas superflu de le signaler.

Le profil en long de la surface des eaux courant dans un lit naturel ne dit rien par lui-même. Il ne vaut que par l'interprétation qu'on y peut donner, et cette interprétation, qui n'est possible avec quelque chance d'arriver à la vérité que si le profil est assez détaillé et intelligemment relevé, dépend d'éléments multiples indispensables, dont quelques-uns fort diffi-

ciles à constater. Dans le nombre, indépendamment de profils en travers repérés avec le plus grand soin, il faut placer en première ligne le débit correspondant à chaque profil de surface, débit dont les variations et les limites extrêmes peuvent jouer un rôle si important dans la plastique relative du lit d'un même courant par divers états des eaux. Ce fait n'est certainement pas ignoré de M. Lokhtine. Toutefois, quoique ce facteur soit placé par lui en tête de ceux dont une rivière est la résultante, il est remarquable que ce qui s'y rapporte figure à peine dans son exposé. Les vitesses du courant y apparaissent quelquefois : jamais le débit. Sous ce rapport, les fleuves russes évoqués restent pour nous dans l'inconnu. Quel volume d'eau écoulent-ils ? Combien à l'étiage ? Combien dans les crues ? Nous l'ignorons. C'est pourtant là un point capital pour la classification des cours d'eau. Entre un fleuve de régime tempéré comme la Seine, dont le débit varie, dans sa région moyenne, de 1 à 50 ou 60, et une rivière à régime excessif comme la Garonne, où le débit des grandes crues atteint près de 300 fois celui de l'étiage, et, pour la Loire, l'écart est encore plus grand, il y a forcément, tout le reste fût-il égal d'ailleurs, des différences considérables, quant au façonnement du lit par les eaux, et bien plus encore quant aux moyens à employer pour modifier ce façonnement.

Quelque importance qu'aient ces lacunes dans l'étude de M. Lokhtine, cela n'a pas empêché le sagace Ingénieur de mettre le doigt et d'appeler l'attention sur une question du plus haut intérêt. Nous voulons parler de la classification des rivières d'après la stabilité de leur lit, et des recherches propres à déterminer les coefficients de cette stabilité.

Ici encore nous ne serions pas entièrement d'accord avec notre confrère russe sur la façon dont il établit la formule d'entraînement par l'eau des éléments qui tapissent le fond. Mais, finalement, nous admettons la relation $\frac{d}{h}$ à laquelle il arrive comme expression de la fixité relative, à condition que, s'il y avait entre les matériaux charriés par les divers cours d'eau comparés des différences de densité appréciables, il fut entendu que d représente la densité dans l'eau, non celle dans l'air.

Cette vue nouvelle de l'auteur est certainement un service rendu à l'hydraulique. Elle ouvre la voie à des recherches intéressantes, et ce qu'il y ajoute, relativement à l'état des cours d'eau dans lesquels la pente dépasse la limite de résistance à

l'entrainement des matériaux qui en tapissent le lit, mérite au plus haut point de fixer l'attention, surtout au moment où se poursuivent en France des études pour rendre la Loire moyenne navigable.

Quant au coefficient de fixité lui-même, une réflexion surgit immédiatement. Elle est si élémentaire qu'elle mérite à peine d'être produite. Il n'y a pas de cours d'eau qui soit homogène à lui-même dans toute son étendue. Les matériaux qu'il charrie varient de grosseur de l'amont à l'aval, et la cycloïde du thalweg ne peut être assimilée à une droite que pour des fractions relativement restreintes de son développement. Il y a donc, pour chaque rivière, une série rationnelle de coefficients de fixité, ce qui ne veut nullement dire qu'elles ne présentent pas sous ce rapport, comme sous beaucoup d'autres, des différences qui donnent à chacune une physionomie pour ainsi dire personnelle.

Reste la grave question des modifications à apporter au lit des rivières en vue de les mieux approprier à la navigation. Que pense à cet égard M. Lokhtine? Son but n'était pas de spéculer sur ce point ; il en dit peu de chose, et sa manière de voir ne se dégage pas bien nettement. Dans tous les cas, il ne s'explique en aucune façon ni sur les canaux latéraux à substituer aux rivières, ni sur les ouvrages destinés à les canaliser dans leur propre lit. C'est leur amélioration sans relevage artificiel du plan d'eau qui paraît le préoccuper exclusivement.

Cela ne tiendrait-il pas à la régularité du débit des cours d'eau qu'il a sous les yeux ? C'est ce que nous n'avons pas le moyen d'apprécier. Quoi qu'il en soit, comme les fleuves, avec le système de leurs affluents, sont nécessaires pour drainer les eaux météoriques de leurs bassins, et ne peuvent être remplacés pour cet usage, il y a, fondamentalement, quelque chose de contradictoire à vouloir en faire en même temps, pour un certain état du débit, des canaux à eau morte, dont on relève, pour les besoins de la navigation, un volume hors de proportion avec ce qui en est nécessaire pour cet usage, à l'aide d'ouvrages coûteux, dont il est difficile de rendre sur tous les cours d'eau la présence compatible avec le libre écoulement des crues. Il y a là, comme dans tout ce que fait l'homme, un compte de doit et avoir à établir entre les charges à s'imposer et les avantages à recueillir. Mais, sans pousser plus loin ces observations, nous avouons nos sympathies pour les recherches tendant d'abord à l'amélioration du lit

sans ouvrages transversaux, conformément à ce qui nous paraît être la pensée de M. Lokhtine.

A cet égard, s'il ne formule pas des idées bien définies, il nous semble toutefois, — nous pouvons nous tromper, — considérer comme procédé général et but à poursuivre la transformation, dans les limites du possible, d'un lit naturel accidenté à un lit amélioré de régime uniforme. Ce serait une utopie technique s'il s'agissait d'adapter cette uniformisation à tous les états des eaux. Mais s'il s'agit du lit des basses eaux et du lit moyen où elles restent encore navigables, n'est-ce pas, au fond, ce résultat-là vers lequel ont tendu, en dehors de tout programme abstrait, les Ingénieurs hydrauliciens français qui ont travaillé depuis une soixantaine d'années à améliorer quelques-unes de nos rivières? N'est-ce point là ce que voulaient réaliser les Baumgarten et les Fargue sur la Garonne, et ce à quoi voulait parvenir sur le Rhône, à l'aval de Lyon, le regretté Jacquet? N'est-ce point là enfin ce qu'il faut tenter de réaliser sur la Loire?

Posé en ces termes, le problème est difficile en lui-même; il est de plus dominé, non seulement par les considérations de fixité du lit qu'a mises en lumière M. Lokhtine, et qu'il n'est pas impossible de modifier, mais aussi par des conditions de débit et de pente qui restent à peu près hors de l'atteinte de l'homme. A quoi servirait en effet d'avoir constitué dans le lit majeur contenant les grandes eaux un lit navigable de régime à peu près uniforme, si la quantité d'eau fournie à ce lit était trop faible pour y alimenter un courant de profondeur et de largeur suffisantes, ou si, cette condition remplie, la vitesse de ce courant ne permettait de le remonter qu'à l'aide d'un travail mécanique et de dépenses hors de proportion avec les avantages économiques des transports par voie d'eau?

Nous sommes là sur un terrain que l'Ingénieur russe a touché à peine. N'allons pas plus loin. Constatons de nouveau qu'il a émis une idée ingénieuse et utile. Espérons qu'elle fera faire un pas à l'hydraulique des cours d'eau, et ne craignons pas d'être téméraire en affirmant qu'on en saura plus à cet égard, quand les études ayant pour objet de rendre la Loire moyenne navigable auront, dans les mains à qui elles sont confiées, conduit à des projets définis.

CONSOMMATION

DES

MACHINES ANNEXES

DES

INSTALLATIONS MÉCANIQUES

PAR

M. CH. COMPÈRE

DIRECTEUR DE L'ASSOCIATION PARISIENNE DES PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR

Au cours de divers essais de machines, j'ai eu l'occasion de relever la consommation des machines annexes servant à l'alimentation des chaudières, à la condensation et à divers autres usages, et j'ai été frappé de la dépense parfois très exagérée de ces machines.

Cette dépense vient grever d'autant l'économie d'une installation générale, et elle est en contradiction avec les exigences, d'ailleurs fort justifiées de l'industrie, qui se préoccupe de plus en plus de n'employer que des machines très économiques.

On demande, en effet, aux constructeurs, une certaine garantie de consommation de vapeur, en y ajoutant souvent des retenues par hectogramme de vapeur consommée en plus d'un chiffre déterminé, sans se douter que la consommation de ces machines annexes vient rendre presque illusoires de telles exigences.

C'est en vue de faire ressortir ce fait que je citerai quelques exemples pouvant servir d'enseignement pour des installations à faire.

Les industries comportent fréquemment de petites machines qu'on est tenté trop souvent d'actionner par des moteurs directs dont les conduites sont si faciles à greffer sur les chaudières.

Faute de renseignements, je ne peux parler de ces machines ; mais il est d'autres petits moteurs employés dans la plupart des usines, et qui ont plus de rapports avec les appareils moteurs

eux-mêmes. Telles sont les machines servant à l'alimentation des générateurs, à la condensation des machines, aux services des eaux dans les usines, etc.

Je parlerai successivement de ces diverses machines.

Machines alimentaires. — Petits chevaux.

Au cours de deux essais de réception de machines, dont la consommation était mesurée par le jaugeage de l'eau introduite aux chaudières, j'ai dû relever la dépense des petits chevaux servant à l'alimentation pour la déduire de ce jaugeage, et pour faire ressortir la dépense de vapeur inhérente aux machines proprement dites.

Ces petits chevaux étaient du système Worthington ; leur consommation a été mesurée en condensant leur vapeur d'échappement dans un serpentin réfrigérant. J'ai trouvé, pour cette consommation, 53,02 *kg* et 114,95 *kg* de vapeur par mètre cube d'eau alimentée. Ces chiffres sont très différents, mais leur grande variation doit tenir à la marche plus ou moins rapide des appareils, à leurs mises en route plus ou moins fréquentes, à leurs dimensions mêmes eu égard au volume d'eau alimenté, etc.

Ces chiffres correspondent à des consommations, par cheval en eau alimentée de 136 *kg* et 213 *kg*. De tels chiffres se passent de commentaires; il faut noter toutefois qu'en raison du très faible travail de l'alimentation, travail que nous avons trouvé dans nos deux essais, de 0,135 *ch* et 0,28 *ch*, cette consommation exagérée n'entraîne qu'une perte de 5,302 0/0 et 11,495 0/0.

Ces pertes peuvent d'ailleurs être réduites en utilisant la vapeur d'échappement des petits chevaux pour chauffer l'eau d'alimentation. Tel était le cas de l'installation où a été fait le deuxième essai : l'eau d'alimentation était réchauffée de 21° à 66°, ce qui aurait nécessité une dépense de vapeur de 61,54 *kg* par mètre cube d'eau alimentée si cette eau avait été réchauffée par la vapeur prise à la chaudière même. La dépense du petit cheval s'est abaissée de ce fait de 11,495 0/0 à 5,541 0/0.

Dans le cas des machines sans condensation, comme on peut utiliser en partie la vapeur d'échappement de la machine même, à chauffer l'eau d'alimentation, l'utilisation de la vapeur du petit cheval n'a plus de raison d'être et les dépenses de 5,302 0/0 et 11,495 0/0 trouvées plus haut restent entières.

Dans d'autres essais de consommation, nous avons trouvé, en

condensant également la vapeur d'échappement du petit cheval, une dépense rapportée à la vapeur totale produite par la ou les chaudières de 7,50, 7,75 et 9,03 0/0 avec une pompe Blake et 7,43 et 9,63 avec un petit cheval Belleville.

M. Walther-Meunier, Ingénieur en chef de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur et M. Schmidt, Ingénieur en chef de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise ont trouvé : le premier, pour une pompe Cameron, le deuxième pour une pompe Burton, les chiffres suivants :

	POMPE CAMERON	POMPE BURTON
Travail moyen en eau montée.	0,226 *ch*	0,939 *ch*
Consommation moyenne de vapeur par cheval-heure en eau montée.	150 *kg*	196,39 *kg*
Consommation de vapeur par mètre cube d'eau alimentée	27,03 *kg*	44,817 *kg*

Appareils de condensation.

Dans les installations électriques, on tend de plus en plus à adopter des machines à grande vitesse. Quand elles sont à condensation, on doit alors avoir recours à des condenseurs indépendants.

Ces condenseurs peuvent être mus par courroie ou par transmission électrique ou encore directement par des cylindres à vapeur; dans ce dernier cas, ce sont des *condenseurs automoteurs* dont l'usage s'est fort répandu.

La raison donnée pour l'adoption de ces condenseurs automoteurs est que la condensation peut être mise en route en même temps que la machine, contrairement aux autres condenseurs. Cette préoccupation n'est d'ailleurs justifiée que lorsque l'installation ne comporte qu'une seule machine; mais, même avec une machine unique, on peut, à la mise en route, marcher quelques minutes sans condenseur par une manœuvre de soupapes *ad hoc*.

Avec ces condenseurs automoteurs, il y a lieu de se préoccuper de la dépense de vapeur au prix de laquelle on obtient ainsi la condensation. Il est vrai que l'échappement de ces appareils peut, comme cela est généralement adopté, être amené par le tuyau

d'échappement de la machine motrice et marcher ainsi au vide de la machine même, en devenant plus économique ; mais malgré cela, la consommation de tels appareils, rapportée à leur travail réel, en chevaux, reste toujours bien supérieure à celle de la machine.

J'ai fait ressortir ce fait dans le Congrès des Ingénieurs en chef des Associations des propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Bordeaux en 1895, en citant le cas d'une machine consommant plus à condensation que sans condensation.

Cette machine comportait un condenseur automoteur dont la dépense exagérée a été certainement l'un des éléments pouvant expliquer une telle anomalie.

Cette machine était du type vertical à grande vitesse, à simple effet, à deux manivelles calées à 180°; elle devait, d'après ses garanties, fournir 30 à 40 *ch* en marche normale à la vitesse de 375 tours, avec de la vapeur entre 10 et 11 *kg* de pression; sa consommation, à cette charge, ne devait pas dépasser 10 *kg* par cheval effectif.

J'ai fait sur cette machine deux essais : l'un de 5 h. 30 à condensation, l'autre de 6 heures sans condensation. Les résultats trouvés ont été les suivants : marchant à condensation et faisant 17,49 *ch* indiqués, la machine a consommé, par cheval indiqué, 17,82 *kg*; à échappement libre, mais faisant alors 25,21 *ch*, sa consommation a été de 14,12 *kg*, soit 3,70 *kg* en moins. Il faut reconnaître que le fait de marcher à charge plus faible à condensation a dû augmenter la dépense de la machine, d'autant plus que le vide n'a été que de 42 *cm* au cylindre, mais pas dans la proportion constatée, et il y a certainement lieu d'attribuer une grande partie de l'excès de consommation à l'existence du condenseur automoteur.

Comme second exemple, je citerai le cas suivant :

Lors d'un essai sur une machine Carels à grande vitesse faisant partie d'une station électrique, j'ai dû mesurer la consommation du condenseur automoteur pour la défalquer de l'alimentation des chaudières servant à l'essai. Cette mesure a été faite en condensant la vapeur d'échappement du condenseur dans un réfrigérant.

Le chiffre trouvé a été de 27 0/0 de la consommation de la machine. Il est vrai, qu'en réalité, ce chiffre est plus faible, car le condenseur marche lui-même, en temps normal, au vide, la

vapeur d'échappement étant conduite sur le tuyau d'échappement de la machine Carels.

En opposition à ces chiffres, je rappellerai que le condenseur de la turbine-dynamo de Laval, essayée à l'Exposition de Bordeaux en 1875, était mû tout simplement par une courroie entre la turbine et la dynamo. D'ailleurs, ainsi que je l'ai fait ressortir dans la note que j'ai eu l'honneur de présenter à la Société des Ingénieurs Civils en 1895, sur divers essais de consommation de vapeur de la turbine de Laval, la Commission d'essais de l'Exposition de Bordeaux a cru ne devoir faire aucune déduction pour le travail absorbé par le condenseur.

Ce travail faisant partie, comme dans les machines trainant leur pompe à air, des résistances passives ordinaires des machines, les chiffres trouvés pour la consommation de vapeur, soit 10,30 *kg* par cheval électrique et 8,76 *kg* par cheval utile sur l'arbre, sont donc entièrement comparables à ceux des machines ordinaires, sans qu'il soit nécessaire d'y faire aucune correction.

Je rappellerai enfin un essai de consommation sur une turbine de Laval de 300 *ch* faisant partie d'une station électrique dans Paris, essai dont j'ai rendu compte au Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1896.

Dans cette station, les diverses machines marchent à condensation par deux condenseurs automatiques comportant chacun une cloche sur laquelle s'insèrent les arrivées d'un tuyau d'échappement commun aux diverses machines.

Trois essais ont été faits successivement sur cette machine en cherchant chaque fois à améliorer le vide. Dans un premier essai, un seul condenseur était en marche; le vide a été de 68,38 *cm* au condenseur et de 66,95 *cm* à la turbine. Le deuxième essai a été entrepris avec deux condenseurs; le vide a été de 70 *cm* au condenseur et de 67 *cm* à la turbine. Enfin, le troisième essai a été fait après l'installation d'un échappement direct de la turbine à l'une des cloches des condenseurs; les deux condenseurs étaient en marche, le vide n'a pas dépassé celui de l'essai précédent, mais il a atteint 69 *cm* à la turbine.

Dans le premier essai, j'ai pu mesurer la dépense de vapeur nécessaire aux petits chevaux alimentaires et au condenseur automoteur, une chaudière spéciale ayant été isolée pour la production de la vapeur nécessaire à ces machines; j'ai trouvé au total pour ces moteurs auxiliaires une dépense de vapeur qui,

rapportée à celle de la turbine seule, a atteint 32,54 0/0, bien que la vapeur fût elle-même condensée sur le vide.

Dans le troisième essai, j'ai trouvé une consommation de vapeur de 8,95 *kg* par cheval électrique et 7,82 *kg* par cheval utile sur l'arbre de la dynamo. Ces chiffres devraient être pratiquement augmentés d'une fraction des 32,54 0/0 trouvés pour la consommation des machines annexes servant à l'alimentation et à la condensation.

En admettant, d'après des expériences antérieures, que la consommation des petits chevaux se soit élevée à 10 0/0 de l'alimentation totale des chaudières, elle monterait à 13,54 0/0 de la consommation de la turbine seule et celle des condenseurs ressortirait à 19 0/0. Ce chiffre est très élevé et, en en tenant compte, la consommation par cheval de la turbine s'élèverait de 7,82 *kg* à 9,30 *kg*. Une telle plus-value dans la consommation est vraiment très utile à faire connaître.

Élévation d'eau.

Les usines possèdent en général des services d'élévation d'eau, soit pour la consommation des machines motrices, soit pour les besoins de l'industrie même.

Dans l'installation des pompes nécessaires à ces services, il y a lieu de se préoccuper également de la consommation de vapeur quand ces pompes sont actionnées par des moteurs directs.

Je rappelle à ce sujet les essais publiés par M. Walther-Meunier dans le bulletin de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, exercices 1888 et 1894.

En 1888, la pompe actionnée directement était du système Tangye à double effet; la consommation a été mesurée en condensant la vapeur d'échappement dans un grand serpentin.

Le tableau ci-après résume les conditions et les résultats de cette première expérience.

Ces essais font ressortir la consommation par cheval à 400 *kg* de vapeur environ, chiffre qui paraîtrait invraisemblable, s'il n'avait été relevé dans des essais faits avec tout le soin désirable.

Tout en constatant le mauvais rendement de la pompe qui était inférieur à 50 0/0, M. Walther-Meunier concluait ainsi en relevant la consommation exagérée de cette pompe.

« Il y a toujours avantage, quand il existe à portée une transmission actionnée par un bon moteur à vapeur, de commander

Essais de consommation entrepris sur une pompe a vapeur « Tangye brothers »

Diamètre du cylindre à vapeur, 102 mm. *Diamètre du corps de pompe, 51* mm. *Course, 242* mm.

1° Marche à grande vitesse

(de 145 à 148 coups de piston par minute) avec vapeur à 5 kg *de pression.*

Durée de l'essai, en secondes	2 052	2 018	2 033	2 015	2 016
Plein du réservoir	2 412 *kg*	2 412 *kg*	2 412 *kg*	2 412 *kg*	2 412 *kg*
Recueilli au trop-plein du réservoir	23 *kg*	49 *kg*	20 *kg*	13 *kg*	10 *kg*
Poids total d'eau montée	2 435 *kg*	2 461 *kg*	2 432 *kg*	2 425 *kg*	2 422 *kg*
Poids d'eau montée par seconde	1,1866 *kg*	1,2195 *kg*	1,1964 *kg*	1,2034 *kg*	1,2013 *kg*
Hauteur moyenne d'aspiration	5,590 *m*	5,360 *m*	5,357 *m*	5,384 *m*	5,368 *m*
Hauteur de refoulement	5,910 *m*	5,910 *m*	5,910 *m*	5,910 *m*	5,910 *m*
Hauteur totale	11,500 *m*	11,270 *m*	11,267 *m*	11,294 *m*	11,278 *m*
Travail en kilogrammètres	13,646	13,743	13,479	13,591	13,548
Consommation totale de vapeur	498 *kg*	395 *kg*	404 *kg*	403,20 *kg*	403,70 *kg*
Soit, par heure et par cheval, en eau montée	480 *kg*	384,56 *kg*	398,06 *kg*	397,52 *kg*	399,08 *kg*
Observations	La pompe n'avait pas fonctionné depuis deux jours, les soupapes restaient assez souvent collées.	Marche régulière.	Marche un peu moins régulière que précédemment.	Marche régulière.	Marche moins régulière que précédemment.

2e Marche à vitesse normale

(environ 125 coups de piston par minute) avec vapeur à 5, 4, 3 et 2 kg de pression.

	PRESSION DE LA VAPEUR							
	5 *kg*		4 *kg*		3 *kg*		2 *kg*	
Durée de l'essai, en secondes	2323	2254	2433	2420	2406	2410	2335	2255
Plein du réservoir	2412 *kg*	2412 *kg*	2412 *kg*	2412 *kg*	2412 *kg*	2412 *kg*	2412 *kg*	2412 *kg*
Recueilli au trop-plein du réservoir	40 *kg*	11 *kg*	14 *kg*	13 *kg*	11 *kg*	9 *kg*	23 *kg*	11 *kg*
Poids total d'eau montée	2452 *kg*	2,423 *kg*	2,426 *kg*	2425 *kg*	2423 *kg*	2,421 *kg*	2435 *kg*	2423 *kg*
Poids d'eau montée, par seconde	1,0555 *kg*	1,0749 *kg*	0,9971 *kg*	1,0020 *kg*	1,0070 *kg*	1,0045 *kg*	1,0428 *kg*	1,0745 *kg*
Hauteur moyenne d'aspiration	5,284 *m*	5,302 *m*	5,318 *m*	5,413 *m*	5,314 *m*	5,267 *m*	5,306 *m*	5,253 *m*
Hauteur de refoulement	5,910 *m*	5,910 *m*	5,910 *m*	5,910 *m*	5,910 *m*	5,910 *m*	5,910 *m*	5,910 *m*
Hauteur totale	11,194 *m*	11,212 *m*	11,228 *m*	11,323 *m*	11,254 *m*	11,177 *m*	11,216 *m*	11,163 *m*
Travail en kilogrammètres	11,815	12,051	11,195	11,345	11,332	11,227	11,696	11,994
Consommation totale de vapeur	380 *kg*	388 *kg*	391 *kg*	400 *kg*	400 *kg*	383,50 *kg*	404 *kg*	401,20 *kg*
Soit, par heure et par cheval, en eau montée	373,82 *kg*	385,71 *kg*	387,59 *kg*	393,37 *kg*	396,11 *kg*	382,69 *kg*	399,40 *kg*	400,51 *kg*
Observations	L'allure du moteur est assez irrégulière, les soupapes d'échappement restent parfois collées sur leur siège	Marche plus régulière que précédemment.	Marche très régulière pendant les 20 premières minutes; quelques ratés de la pompe après.	Marche assez régulière.	Marche assez régulière.	Marche assez régulière.	Marche assez régulière.	Marche très régulière; la vitesse moyenne est un peu plus grande que pendant les précédents essais.

les pompes par celle-ci, car elles peuvent être établies dans de bonnes conditions de fonctionnement et de rendement. »

En 1894. M. Walther-Meunier communiquait comme suit les résultats de nouveaux essais sur les appareils suivants :

« 1° Deux pompes horizontales, commandées chacune directement par une machine à triple expansion montée en tendem, la vapeur étant fournie par une chaudière Babcock et Wilcox de 115 *m* de surface de chauffe.

Les machines et pompes ont les dimensions suivantes :

	Cylindre			
	Haute pression.	Moyenne pression.	Basse pression.	Pompes
Course des pistons, gauche . .	332 *mm*	332 *mm*	332 *mm*	332 *mm*
— droite	346	346	346	346
Diamètre des pistons. . . .	203	305	508	560
— des tiges, avant. .	36	42,5	(2 de 36,4 / 1 de 42,5)	49,2

Le constructeur ayant donné des garanties de consommation de vapeur par force de cheval indiquée, de rendement des pompes et de consommation de vapeur par force de cheval en eau montée, nous avons dû mettre en fonction 16 indicateurs, dont 12 sur les cylindres des machines et 4 sur les deux corps de pompe.

Les diagrammes des machines sont ceux de cylindres admettant pendant toute la durée de la course; ceux des pompes ne présentent rien d'anormal ; la vitesse moyenne était de 22,5 coups de piston doubles par minute.

L'essai a duré 6 h. 15 m. et les résultats suivants ont été obtenus :

Puissance indiquée totale des deux machines. .	26.01 *ch*
— recueillie sur les pistons des pompes.	24,84 *ch*
— perdue.	1,17 *ch*
— indiquée utilisée.	95,53 0/0
Poids d'eau élevée par seconde.	107,57 *kg*
Hauteur d'élévation de l'eau.	13,331 *m*
Puissance en eau montée (effective)..	19,12 *ch*
Rapport de puissance indiquée à puissance effective	73,53 0/0

Rendement des pompes	76,97 0/0
Consommation de vapeur par heure et force de cheval indiquée.	51,23 *kg*
Consommation de vapeur par heure et force de cheval en eau montée.	69,66 *kg*

Des essais faits avant et après la détermination de la consommation donnèrent 87,2 0/0 pour le rendement des pompes, 31,78 coups doubles de piston par minute. Pour marcher à cette vitesse, il fallait introduire aux grands cylindres des machines, pour éviter des chocs, de la vapeur supplémentaire, du poids de laquelle la consommation eût été majorée. Pour pouvoir se passer de cette injection et obtenir le minimum de consommation, on dut réduire la vitesse à 22,5 coups doubles ; de là le faible rendement des pompes pendant l'essai de consommation. Nous devons faire observer encore que les cylindres des machines sont sans enveloppes de vapeur, et que la pression de 7,40 *kg* à la valve de mise en train avait dû être étranglée à 5,18 *kg* à l'entrée au cylindre à haute pression. Ces circonstances ainsi que la marche sans autre détente que celle due à la différence de volume des cylindres ont influencé la consommation de vapeur ;

2° Une pompe double actionnée par deux cylindres jumaux sans condenseur.

Il ne s'agissait que de déterminer la consommation de vapeur par cheval-heure, en eau montée :

En 250 minutes, la pompe a débité. . . .	633,021 *l*
Débit par seconde	42,20 *l*
Hauteur d'élévation.	11,485 *m*
Puissance en eau montée	6,454 *ch*
Poids de vapeur total produit à 6,174 *kg*. .	2 734,80 *kg*
Poids de vapeur consommée par heure. .	656,457 *kg*
Poids de vapeur consommée par heure et force de cheval en eau montée	101,713 *kg*

Ces chiffres cadrent avec ceux que nous avons trouvés lors des précédents essais mentionnés ; ils se montrent au quintuple et au-delà de ce qui a été constaté sur de bonnes installations d'élévation d'eau. Celles-ci avaient un débit plus considérable, mais cette circonstance favorable ne justifie pas la majorition de consommation due à un moteur direct peu économique. »

Personnellement, je citerai le cas suivant très fréquent en pratique : un industriel, riverain d'un cours d'eau, installa une machine économique à condensation dont nous fîmes l'essai de réception : nous avons trouvé 7,92 *kg* de vapeur par cheval indiqué et par heure, la machine faisant 70,12 *ch.*

L'eau nécessaire à la condensation était aspirée par une pompe, à moteur direct, prenant l'eau dans le cours d'eau pour la renvoyer dans le haut de l'usine.

A défaut d'expérience spéciale, nous pouvons rechercher dans quelles conditions cette condensation a été établie. En admettant 30 *kg* d'eau pour condenser 1 *kg* de vapeur, la consommation de la machine étant de 7,92 *kg* × 70,12 *kg* = 555,35 *kg* par heure, la dépense d'eau de condensation doit être de 555,35 *kg* × 30 = 16 660,5 *kg*, soit 4,63 *kg* par seconde.

L'élévation de ce poids à 20 mètres environ exige un travail de 4,63 *kg* × 20 = 92,67 *kgm* ou 1,24 *ch* environ.

La pompe servant à l'élévation d'eau pouvant être comparée à celle essayée par M. Walther-Meunier, on peut lui assigner une consommation de vapeur par cheval en eau montée de 80 *kg* environ ; on voit alors que la condensation exige une dépense de vapeur de 80 × 1,24 = 99,20 *kg*, soit 17,87 0/0 de la dépense de la machine.

De tels chiffres diminuent notablement l'économie qu'on est en droit d'attendre avec l'établissement de la condensation.

Dans l'installation que je viens de citer, il était difficile d'actionner la pompe par une courroie, celle-ci étant trop éloignée des transmissions, mais il était parfaitement possible de le faire par une transmission électrique, l'usine possédant un éclairage électrique.

Je clôturerai la série de ces exemples en citant le cas de l'installation d'une station privée d'éclairage électrique dans Paris.

Cette station comprend trois machines Willans de 100 *ch* et une quatrième de 75 *ch*, deux condenseurs automoteurs, deux pompes à vapeur servant à élever l'eau d'un puits pour la condensation et les divers services de l'établissement. La vapeur est produite par une batterie de 5 générateurs Belleville.

La consommation garantie pour ces machines a été vérifiée par un essai sur une seule machine de 100 *ch.* En vue de cet essai, une seconde chaudière avait été allumée pour les services annexes de l'installation et j'ai profité des dispositifs pris en vue

de ces essais pour mesurer la quantité d'eau introduite dans cette chaudière ; j'ai trouvé ainsi, dans deux essais, l'un à charge normale, l'autre à demi-charge, que les machines annexes ont exigé une consommation de vapeur de 82 0/0 à 73 0/0 de celle de la machine motrice essayée.

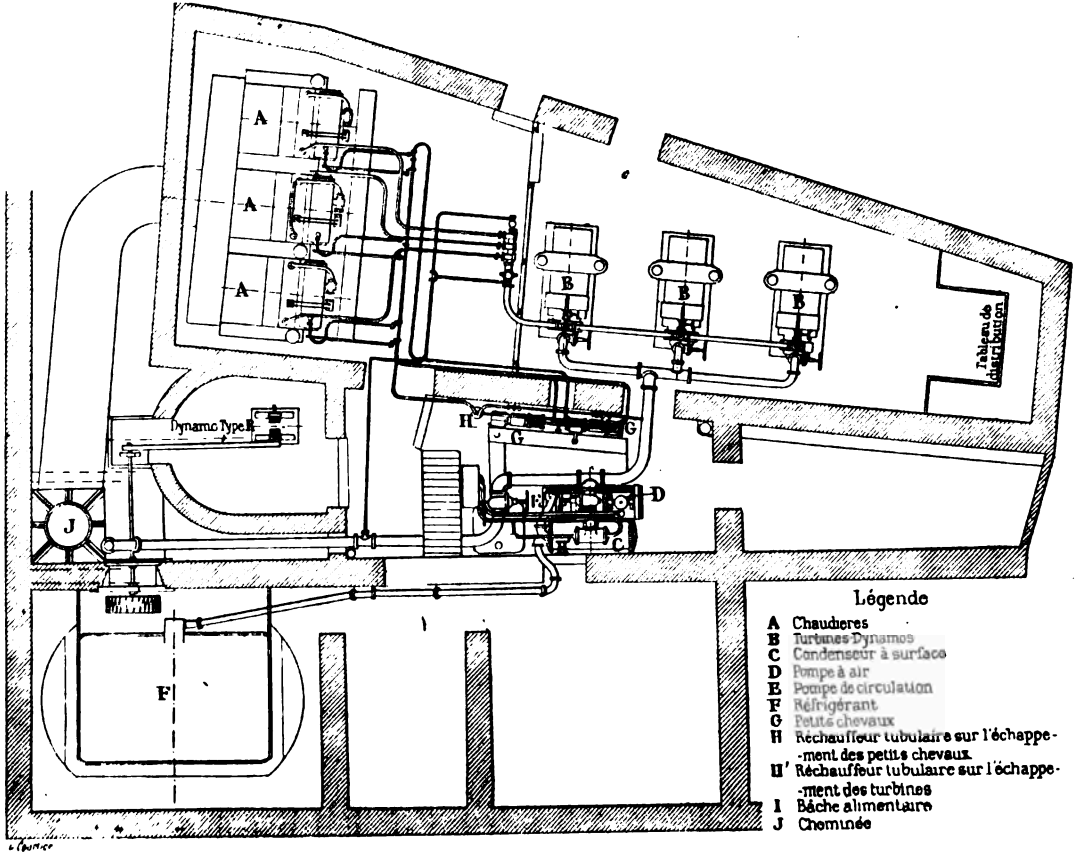
Il était vraiment très utile de faire ressortir de tels chiffres dont la grande importance vient grever d'autant l'exploitation économique d'une station électrique.

En terminant cet aperçu, dont je ne vous ai parlé que pour appeler votre attention sur la consommation parfois très exagérée des machines annexes de l'industrie, je crois utile de revenir sur l'installation motrice de la station électrique des magasins de la Place Clichy, dont j'ai eu l'honneur d'entretenir la Société en octobre 1895. Cette installation est très bien étudiée à ce point de vue de la conduite des machines annexes ; toutes ces machines sont en effet mues par des transmissions électriques dont le courant est pris sur les machines principales.

Cette installation présentait des difficultés toutes spéciales, que l'on rencontre fréquemment dans Paris, il est vrai, mais qui ont été vaincues dans d'excellentes conditions.

Cette installation comprend : 3 générateurs Belleville A. 7, dont un de rechange, devant produire 1 050 *kg* de vapeur à l'heure ; 3 turbines dynamos de Laval de 75 *ch* chacune, construites par la maison Bréguet ; deux seulement devaient être en fonction en plein éclairage, la troisième étant de rechange ; ces turbines devaient d'ailleurs marcher à condensation, non seulement pour réduire la consommation de vapeur, mais encore pour éviter que la vapeur d'échappement, en sortant au-dessus des toits, ne soit une gêne pour les voisins ; comme les magasins de la Place Clichy sont en un point élevé de Paris, on n'était pas sûr, par un forage, de trouver de l'eau nécessaire pour la condensation ; comme, d'autre part, la prise d'eau à la Ville aurait été beaucoup trop chère, on a dû avoir recours à un réfrigérant pour refroidir l'eau de condensation, et s'en servir indéfiniment ; enfin, tout cet ensemble ne pouvait être placé que dans les caves et sous-sols des magasins, sans qu'on puisse avoir recours à des transmissions par courroies pour la conduite des machines auxiliaires.

Pour la condensation, sur la proposition de la maison Belleville, on adopta un condenseur par surface, de façon à prendre de l'eau d'alimentation à température déjà élevée et à alimenter avec une


A
A
A
B
B
B
Tableau de distribution
Dynamo Type B
H
G
D
J
C
F
Légende
A Chaudieres
B Turbines-Dynamos
C Condenseur à surface
D Pompe à air
E Pompe de circulation
F Réfrigérant
G Petits chevaux
H Réchauffeur tubulaire sur l'échappe-ment des petits chevaux
H' Réchauffeur tubulaire sur l'échappe-ment des turbines
I Bâche alimentaire
J Cheminée

eau pure, ne contenant pas de sels calcaires ; avec les condenseurs à surface, il y a toujours lieu de se préoccuper du retour possible de matières grasses aux générateurs ; mais, dans le cas actuel, le choix d'un tel condenseur était d'autant plus justifié qu'avec des turbines de Laval, on pouvait être assuré que la vapeur d'échappement ne contiendrait pas d'huiles de graissage ; malheureusement l'huile passait par le coussinet à rotule de l'axe des turbines, et on a dû renoncer provisoirement à se servir de l'eau condensée pour alimenter les générateurs.

Une modification dans ces coussinets à rotule a été faite depuis par la maison Bréguet, de façon à empêcher toute rentrée d'huile.

L'installation fut faite par la maison Belleville pour les générateurs et les machines annexes : petits chevaux, condenseur, etc. ; par la maison Bréguet pour les turbines dynamos, et par la maison Chaligny pour le réfrigérant.

Les générateurs et les turbines furent placés dans le sous-sol d'une cour triangulaire qui devait être surmontée d'étages à usage de magasins, ce qui ne laissait d'ailleurs à la salle des machines qu'une hauteur de 3 *m*.

Le condenseur et les petits chevaux furent placés dans une cave voisine ; le réfrigérant dans une autre cave ; le condenseur comportait une pompe de circulation et une pompe à air ; de même le réfrigérant comportait un ventilateur ; pour faire mouvoir ainsi ces appareils à distance, on a eu recours, comme je l'ai dit, à une transmission électrique.

Enfin, un appareil tubulaire au débouché du tuyau d'échappement des turbines a été placé sur le condenseur ; dans cet appareil, l'eau d'alimentation s'échauffe d'abord, par la chaleur contenue dans la vapeur d'échappement, avant son arrivée dans la bâche alimentaire. Puis, cette eau passe ensuite dans un autre appareil tubulaire chauffé par la vapeur d'échappement des petits chevaux.

Deux essais furent faits sur place après la mise en route de la station : l'un avec une seule turbine, l'autre avec deux turbines.

Des résultats de ces essais, j'ai extrait les chiffres ci-après relatifs aux machines annexes.

Ces résultats donnent lieu aux remarques suivantes :

Alimentation. — Le réchauffeur tubulaire du condenseur n'élève la température de l'eau que de 14 à 24° dans le premier essai et de 14 à 26° dans le second ; mais il faut reconnaître qu'un tel

			ESSAI N° 1 — UNE SEULE TURBINE EN MARCHE	ESSAI N° 2 — DEUX TURBINES EN MARCHE
Nombre d'ampères produits			397,1	682,5
Durée de l'essai			4 heures	6 heures
Vapeur consommée par les turbines			3158 *kg*	9532 *kg*
Vapeur consommée par les turbines par heure			789,5 *kg*	1588,6 *kg*
Température moyenne de l'eau d'alimentation.	Avant son entrée dans le réchauffeur tubulaire sur l'échappement des turbines.		14°	14°
	Avant son entrée dans la bâche alimentaire.		24°	26°
	Après son réchauffage par l'échappement du petit cheval		72°	52°
Petit cheval.	Consommation pendant l'essai		468 *kg*	768 *kg*
	Consommation par heure		117 *kg*	128 *kg*
	Consommation par mètre cube d'eau alimentée		127,6 *kg*	74 *kg*
	Poids de vapeur correspondant au réchauffage de l'eau d'alimentation par l'échappement du petit cheval		$\frac{3365 \times 48}{606,5 + 0,305 \times 198,24} = 273,64$	$\frac{10375,5 \times 26}{606,5 + 0,305 \times 198,16} = 421,85$
	Dépense réelle du petit cheval, déduction faite du poids précédent.	Pendant l'essai	468 — 273,64 = 194,36	768 — 421,85 = 346,15
		Par mètre cube d'eau alimentée	53,03	38,30
Condenseur à surface et à eau régénérée	Courant absorbé par la dynamo	Conduisant la pompe de circulation et la pompe à air	»	40 ampères.
		Conduisant le ventilateur du réfrigérant	»	55 —

appareil ne doit être surtout efficace que pour des machines mal réglées dans lesquelles la pression à fin détente est bien supérieure à celle de l'échappement, tandis que dans la turbine de Laval, comme la détente se fait dans les aubes, à la pression même de l'échappement, il ne devrait théoriquement avoir aucun gain de chaleur.

Quant au réchauffeur tubulaire des petits chevaux, il a pu élever la température de l'eau d'alimentation de 24 à 72° dans le premier essai et de 26 à 52° seulement dans le second ; cette plus faible élévation de température dans le second essai tient à ce que pour une alimentation double aux chaudières, la dépense du petit cheval est presque restée constante : 128 *kg* par heure au lieu de 117 *kg* le premier jour ; comme il y avait ainsi un poids double d'eau à échauffer avec un même poids de vapeur d'échappement, on comprend que la température de cette eau se soit moins élevée.

Ces relevés font ressortir combien la consommation des petits chevaux s'abaisse quand leur vitesse augmente ; elle a été de 7,4 0/0 du poids total de l'eau alimentée le deuxième jour, alors qu'elle atteint 12,76 0/0 le premier jour ; ces chiffres montrent qu'il est nécessaire d'adopter un modèle de petit cheval qui, tout en étant suffisant, ne marche pas trop lentement.

En transformant en poids de vapeur équivalent le nombre de calories gagné par l'eau d'alimentation dans son passage à travers le réchauffeur tubulaire d'alimentation, la consommation réelle des petits chevaux se réduit à 5,50 0/0 du poids d'eau alimentée le premier jour et 3,33 0/0 le deuxième jour.

Ces chiffres, comparés aux précédents, montrent aussi combien il est important d'utiliser la vapeur d'échappement des petits chevaux pour réchauffer l'eau d'alimentation.

En utilisant ainsi la chaleur contenue dans la vapeur d'échappement, le surcroît de dépense qu'entraîne le petit cheval à la marche normale avec deux turbines n'atteint que 3,33 0/0.

D'ailleurs, en marche normale, ce chiffre est encore abaissé, car la vapeur d'échappement du petit cheval est renvoyée à la bâche alimentaire, et elle achève de céder toute sa chaleur disponible, en échauffant l'eau d'alimentation avant son passage au réchauffeur du condenseur.

Condensation. — Le condenseur à surface comporte une pompe à air et une pompe de circulation. Ces deux appareils sont mûs électriquement par une même dynamo portant sur son axe un jeu

d'engrenage ; enfin le ventilateur du réfrigérant est actionné par une courroie, la seule de l'installation, commandée par une poulie placée sur l'arbre d'une dynamo réceptrice.

Nous avons relevé le courant absorbé par cette dynamo ; il était de 40 ampères, soit 6 0/0 en moyenne de la force produite avec deux turbines.

La condensation, telle qu'elle est établie à la place Clichy, constitue donc un supplément de dépense de 12 0/0, chiffre qui est loin d'être négligeable, mais qui laisse encore une réelle économie avec l'adoption de la condensation.

D'ailleurs, la solution obtenue avec l'emploi du réfrigérant est particulièrement intéressante dans le cas où l'on n'a pas d'eau pour assurer la condensation.

En résumé, l'importance des chiffres que j'ai fait ressortir pour la consommation des machines annexes, surtout dans le cas des stations électriques où l'on emploie plus particulièrement des machines à grande vitesse à condenseurs indépendants, fait ressortir la nécessité de bien spécifier, dans les contrats d'ensemble d'une installation, si la consommation garantie pour la machine principale comprend ou non celle des machines annexes ; si elle ne la comprend pas, il y aurait lieu de faire une spécification spéciale pour le montant de leur consommation.

Dans l'un ou l'autre cas, il faudra se préoccuper de rendre minimum cette consommation supplémentaire, les chiffres que j'ai communiqués ayant montré combien elle est loin d'être négligeable et à quel point elle peut devenir anormale et exagérée.

Il faudra tout d'abord n'adopter, comme petites machines auxiliaires, que des types bien étudiés au point de vue de leur consommation de vapeur; si, quoi qu'on fasse, l'augmentation inévitable de consommation de ces petits moteurs reste supérieure à la perte de rendement d'une transmission électrique, l'attaque de ces moteurs par une telle transmission sera toujours préférable et il me parait utile de signaler que des maisons de construction qui fabriquent des condenseurs indépendants, des pompes alimentaires pour chaudières, des pompes pour services d'eaux, etc., font maintenant des types avec commande électrique.

LES DIFFÉRENTS MODES

DE

TIRAGE DANS LES NAVIRES[1]

PAR

M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT

Avant-propos.

Si la question des chaudières est, comme nous l'avons montré, capitale pour les navires de combat et de commerce, l'étude du tirage offre une importance presque égale.

Il serait inutile de chercher à établir des générateurs susceptibles de supporter des chauffes intenses si l'on ne trouvait en même temps le moyen d'obtenir sans inconvénients sur les grilles des combustions spécifiques superficielles extrêmement élevées : de là, l'intérêt qui s'attache aux moyens mis en œuvre pour augmenter le nombre des kilogrammes de combustible brûlé par mètre carré de surface de grille et par heure, que, pour abréger, nous avons désigné par mètre carré-heure.

Afin de permettre de saisir plus facilement les idées fondamentales qui servent de base à ce travail, nous avons commencé par un résumé très court de la théorie générale du tirage naturel.

Puis nous développons davantage l'étude du tirage artificiel qui, à notre connaissance, n'a pas encore été traitée à fond.

Enfin, nous terminons par des considérations générales et des comparaisons où, croyons-nous, se trouvent des aperçus nouveaux.

Tirage.

Supposons un cylindre vertical de hauteur H, de section ω, ouvert à ses deux extrémités, plein d'air à la température T, et placé dans une atmosphère ambiante de poids spécifique d_o à 0° et de température t.

(1) Voir planche 208.

Soit p la pression que l'atmosphère exerce sur la section ω au sommet du cylindre; soit α le coefficient de dilatation de l'air.

Supposons $T > t$.

H et S sont exprimés en mètres; p en tonnes.

La force F, exprimée en tonnes, qui, suivant une section horizontale quelconque située à une hauteur Z au-dessus de l'extrémité inférieure, tend à faire monter la colonne atmosphérique du cylindre, a pour expression :

$$F = p + \frac{d_o}{1+\alpha t} H\omega - \frac{d_o}{1+\alpha T} Z\omega - \frac{d_o}{1+\alpha T} (H - Z)\omega - p,$$

$$F = \omega H d_o \left(\frac{1}{1+\alpha t} - \frac{1}{1+\alpha T}\right). \qquad [1]$$

Cette force F, indépendante de ω et, par conséquent, identique pour tous les points de la colonne cylindrique, est, pour les conditions données, le *tirage naturel* du cylindre.

On peut considérer F comme le poids d'une colonne gazeuse de mêmes hauteur et section que l'atmosphère remplissant le cylindre et ayant pour poids spécifique la différence des poids spécifiques de l'air ambiant et de l'air du cylindre; on peut aussi considérer F comme la différence des poids des deux colonnes gazeuses correspondantes.

La relation [1] peut s'écrire :

$$F = \omega d_o \alpha H \frac{T - t}{1 + \alpha(T + t) + \alpha^2 t T}.$$

Le terme en α^2 est négligeable; α peut être considéré comme constant.

Alors : $$F = KH \frac{T - t}{1 + \alpha(T + t)}. \qquad [2]$$

Cette relation montre que F est sensiblement proportionnel au produit $H(T - t)$ parce que, pour des valeurs différentes T et t, les variations de $(T - t)$ sont beaucoup plus grandes que celles de $[1 + \alpha(T + t)]$.

On peut même, approximativement, poser la relation approchée :

$$F = K_1 H(T - t), \qquad [3]$$

ou bien, en tenant compte des pertes de charges f :

$$F = K_1 - (T\ Ht) - f, \qquad [3\ bis]$$

équation qui montre que le tirage ou force qui détermine l'ascension de la colonne chauffée est proportionnelle au produit de la hauteur de la cheminée multipliée par l'excès de la température des produits de la combustion sur la température de l'atmosphère ambiante.

En service à bord, le tirage est mesuré par des manomètres à eau; on l'évalue en millimètres d'eau.

Si l'on désigne par Δ_o, b et t_1 le poids spécifique de l'eau à 0°, le coefficient de dilatation de l'eau et la température de l'eau du manomètre, le nombre N de millimètres que marque ce manomètre est lié à F par la relation suivante :

$$1\,000\ \mathrm{N} \times \frac{\Delta_o}{1 + bt_1} = \frac{\mathrm{F}}{\omega},$$

d'où :
$$\mathrm{N} = \frac{1 + bt_1}{1\,000\,\Delta_o}\, d_o \alpha \mathrm{H}\, \frac{\mathrm{T} - t}{1 + \alpha(\mathrm{T} + t) + \alpha^2 t \mathrm{T}},$$

relation qui peut s'écrire :

$$\mathrm{N} = \mathrm{K'H}\, \frac{\mathrm{T} - t}{1 + \alpha(\mathrm{T} + t)} \qquad [2\ \textit{bis}]$$

ou encore, en pratique :

$$\mathrm{N} = \mathrm{K'_1 H}(\mathrm{T} - t). \qquad [3\ \textit{bis}]$$

Ces équations montrent les inconvénients du tirage naturel. La chaleur qu'entraînent et que perdent dans l'atmosphère les produits de la combustion étant proportionnelle à l'excès de la température de ces produits sur celle de l'atmosphère ambiante, on est conduit à donner aux cheminées des hauteurs gigantesques (1) afin d'obtenir un fonctionnement économique.

Ces énormes cylindres de tôle mince offrent les plus grands inconvénients à bord des navires de guerre : leur effondrement sous les coups des obus peut paralyser l'artillerie; leur destruction, même partielle, a les plus fâcheux résultats sur la vitesse du navire au moment même où celui-ci doit être en possession de tous ses moyens. Les hautes cheminées sont, d'ailleurs, impossibles à installer à bord des petits bâtiments.

Un des côtés les plus fâcheux du tirage naturel est l'impossibilité de pousser la combustion superficielle spécifique au delà d'une certaine limite, même en sacrifiant le rendement écono-

(1) A bord du croiseur cuirassé américain *Brooklyn*, le sommet des cheminées au-dessus des grilles est à une hauteur extraordinaire.

mique, comme il peut y avoir grand intérêt à le faire dans des circonstances graves où il faut, coûte que coûte, pendant un intervalle de temps très court, obtenir des générateurs et de la machine une allure forcée.

En effet, si l'on désigne par ω la section de la cheminée, par d_o le poids spécifique de l'air à 0°, par v la vitesse d'écoulement, le poids p d'air qui s'écoulera pendant l'unité de temps sera donné par la formule :

$$p = \omega \frac{d_o}{1 + \alpha T} v. \qquad [4]$$

Or : $$v = \sqrt{2gh} \qquad [5]$$

en désignant par h la hauteur exprimée en fluide qui s'écoule d'une colonne équilibrant la différence de pression produisant l'écoulement.

La valeur de h est déterminée par l'équation :

$$h \frac{d_o}{1 + \alpha T} = H \frac{d_o}{1 + \alpha t} - H \frac{d_o}{1 + \alpha T}, \qquad [6]$$

$$h = \frac{H\alpha(T - t)}{1 + \alpha t}.$$

Remplaçant h par sa valeur dans [5], il vient :

$$p = \omega \frac{d_o}{1 + \alpha T} \sqrt{\frac{2gH\alpha(T - t)}{1 + \alpha t}}. \qquad [7]$$

Ainsi la valeur de p est donnée par une expression de la forme :

$$p = K_2 \sqrt{\frac{T - t}{(1 + \alpha T)^2}}. \qquad [8]$$

Pour avoir le maximum de p, il faut trouver le maximum de :

$$\frac{T - t}{(1 + \alpha T)^2},$$

que l'on a en égalant à 0 la dérivée :

$$\frac{(T - t)^2(1 + \alpha T)\alpha - (1 + \alpha T)^2}{1 + \alpha T)^4} = 0. \qquad [9]$$

Or $(1 + \alpha T)$ ne peut jamais être < 0 puisque α n'est jamais négatif pour des valeurs positives de T; en outre $(1 + \alpha T)$ ne peut être $= \infty$ pour toute valeur finie de T. Il faut donc que :

$$(T - t)^2(1 + \alpha T)\alpha = (1 + \alpha T)^2. \qquad [10]$$

En divisant les deux termes par $(1 + \alpha T)$, on a :

$$2\alpha(T - t) = 1 + \alpha T,$$

d'où :

$$T = \frac{1 + 2\alpha t}{\alpha}. \qquad [11]$$

On trouve ainsi que, dans les conditions habituelles, T varie de 280 à 320° environ.

Ce résultat est logique, puisque le poids de gaz qui s'écoule est égal aux produits du volume multiplié par le poids spécifique : le volume augmente bien avec la température des produits de la combustion, mais le poids spécifique diminue lorsque cette température s'élève.

Enfin, comme le tirage naturel ne permet de disposer, par unité de surface, que d'un maximum de débit relativement faible, on est forcé de donner aux cheminées et, par suite, aux panneaux du pont blindé des sections considérables, qui, pendant le combat, laissent aux éclats d'obus beaucoup de chances d'atteindre les parties vitales du bâtiment.

Telles sont les multiples raisons qui imposent l'emploi du *tirage artificiel* ou *forcé*, c'est-à-dire un tirage dont la cause principale est un entraînement causé par un moyen mécanique : ventilateur ou jet de fluide sous pression.

* * *

Le mode le plus simple de tirage artificiel est l'échappement de la vapeur des cylindres dans la cheminée. Il possède le précieux avantage de régler automatiquement l'appel d'air proportionnellement au travail effectué, et fonctionne parfaitement sur les locomotives où il permet de brûler 800 *kg* — et même près de 1 000 *kg* aux États-Unis — de combustible par heure et par mètre carré de grille. Il n'est malheureusement pas applicable sur les navires : là, l'impossibilité de renouveler les approvisionnements d'eau douce et la présence de masses liquides réfrigérantes indéfinies imposent l'emploi de machines à condensation par surface pouvant, en théorie au moins, fonctionner

pendant un espace de temps illimité en utilisant constamment la même eau.

Il convient, d'ailleurs, de remarquer qu'à bord des navires l'échappement des cylindres dans la cheminée ne saurait donner des résultats aussi brillants qu'avec les locomotives. Sur celles-ci, le mouvement d'avancement cause dans le cendrier et à travers les barreaux de la grille un énergique refoulement d'air ; en même temps que s'accroît la vitesse du train et, par conséquent le travail effectué, suivant une certaine loi fonction de la vitesse, les masses d'air fournies au foyer s'accroissent, elles aussi, suivant une loi fonction de la vitesse et comparable à celle des variations de travail ; en outre, ces masses d'air s'échauffent en refroidissant les barreaux de la grille et le cendrier. Ainsi, il y a, sinon exactement en théorie, du moins en pratique, un réglage automatique entre la dépression que crée dans le foyer l'échappement de la vapeur, et l'arrivée d'air à travers la grille que cause la marche du train. Ces conditions n'existent naturellement point sur les navires.

La nécessité de ménager l'eau douce à bord des bâtiments rend aussi fort difficile, mais dans une moindre mesure, l'usage de jets de vapeur, soit dans la cheminée, soit dans le cendrier ; pourtant, eu égard à leur simplicité et à l'absence de mâchefer que signale M. Niclausse avec ce dernier mode, il convient de ne point les rejeter complètement *a priori* et d'examiner s'ils ne pourraient être employés, à condition que la vapeur fût fournie par une chaudière spéciale, alimentée à l'eau de mer et qui, par conséquent, devrait être d'un modèle facile à nettoyer.

Aujourd'hui, l'on emploie principalement le tirage artificiel effectué à l'aide de ventilateurs suivant quatre modes différents :

1° Envoyer à la base de la cheminée un jet d'air comprimé qui entraîne les produits de combustion. C'est le tirage induit par jet d'air.

2° Mettre à la base de la cheminée un ventilateur qui aspire les produits de la combustion venant du foyer et les chasse dans l'atmosphère. Ce système est le tirage induit par ventilateur.

3° Refouler de l'air comprimé dans le cendrier et dans le foyer qui sont tous deux hermétiquement fermés. Ce mode a reçu le nom de « cendrier clos », parce que la plus grande partie de l'air est envoyée sous la grille.

4° Refouler l'air sous pression dans une chambre de chauffe hermétiquement close et ne communiquant avec l'atmosphère

que par l'intermédiaire du parcours que doivent suivre les produits de la combustion. C'est le tirage dit « en vase clos ».

De ces quatre systèmes, c'est le dernier qui est le plus employé à bord des navires de guerre : il est facile et peu coûteux à installer ; il permet, sans absorber trop de vapeur pour les ventilateurs, de développer une énorme puissance. Mais les ennuis de service et la mauvaise impression morale que ressent parfois le personnel par le fait que la chaufferie ne comporte d'issues qu'à travers des sas à air relativement longs à traverser ont produit, dans les marines de guerre, une réaction en faveur des autres modes.

Quant à la marine marchande, sauf pour quelques navires rapides faisant de très courtes traversées, elle préfère le cendrier clos, combiné avec le réchauffage de l'air ; c'est qu'elle recherche non pas tant l'accroissement de puissance que l'économie et un bon service courant, lequel est peu compatible avec l'emploi des sas à air entre la chambre de chauffe et le reste du bâtiment.

Tirage artificiel.

Un historique complet du tirage artificiel sortirait du cadre de ce travail. Il convient pourtant de rappeler les noms de ceux qui ont fait les principales études sur les moyens d'accroître ce que nous désignerons par la « combustion superficielle spécifique », c'est-à-dire la combustion par unité de surface de grille.

C'est aux États-Unis que la résolution du problème à l'aide du vase clos fut d'abord tentée par Stevens dès 1832, puis par Isherwood pendant la guerre de Sécession, de 1860 à 1866, sur des navires de combat fédéraux.

En France, la question fut successivement étudiée par Thierry (1860), Joessel (1869), de Maupeou (1876), et Normand à l'époque actuelle.

En Angleterre, les premières tentatives sérieuses sont dues à Thornycroft, qui, dès 1876, construisit un torpilleur fonctionnant avec un intense tirage en vase clos et avec une chaudière locomotive.

Au début, vers 1880, l'on pensa, avec les chaudières locomotives installées sur les torpilleurs, pouvoir atteindre, grâce à des pressions de 150 à 200 *mm* d'eau, les combustions superficielles

spécifiques des locomotives, soit 700 à 1.000 *kg* par mètre carré-heure. — Mais la pratique vint bientôt montrer que ces espérances n'étaient point réalisables : le vase clos n'agit nullement comme l'ensemble du système que constituent, d'une part, l'aspiration des gaz chauds entraînés par l'échappement de la vapeur des cylindres dans la cheminée et, d'autre part, le refoulement d'air dans le cendrier qu'occasionne le déplacement de la machine. En outre, beaucoup de constructeurs estiment que dans l'eau distillée des appareils moteurs marins, les phénomènes de l'ébullition n'offrent point les mêmes caractères que dans l'eau non distillée des locomotives et que, chez celles-ci, les secousses provenant du roulement favorisent le dégagement des bulles de vapeur sur les plaques exposées directement à la chaleur intense du foyer.

Quoi qu'il en soit, on ne put guère dépasser 700 *kg* par mètre carré-heure.

Dès que l'on atteignit 600, ou même 500 *kg*, les inconvénients les plus sérieux ne tardèrent pas à se manifester : consommation dépassant souvent 2 *kg* par cheval-heure ; chaudière s'usant avec une effrayante rapidité ; fuites et avaries multiples.

Il fallut modérer la combustion superficielle spécifique et reconnaître que, si une consommation exagérée de combustible pendant le court espace de temps que durent généralement les allures forcées est à la rigueur admissible, la désorganisation en quelques heures de tout le système générateur d'un navire ne l'est absolument point. Force fut de ne pas dépasser 300 à 400 *kg* avec les chaudières ignitubulaires. Ce sont, d'ailleurs, les chiffres que l'on paraît aujourd'hui admettre comme limite dans les générateurs aquitubulaires placés à bord des torpilleurs et fonctionnant avec le tirage en vase clos.

A bord des grands navires, l'on voulut également au début obtenir de fortes combustions superficielles spécifiques sans pourtant prétendre pousser les chaudières autant que sur les torpilleurs ; on parvint à dépasser 200 *kg* par mètre carré-heure sur le type « Magenta » ; à bord des petits croiseurs rapides de la classe « Troude », on atteignit 250 et 275 *kg*. Enfin, dans les foyers du « Forbin », on atteignit 320 *kg*.

Mais on se heurta aux difficultés que l'on avait déjà signalées sur les torpilleurs.

Il se produisit alors une réaction violente et certainement injuste contre l'emploi du tirage en vase clos. Actuellement, on ne

dépasse guère 140 à 160 *kg* par mètre carré-heure. Dans ces conditions, le tirage en vase clos ne donne point, à notre avis, des avantages suffisants pour compenser les inconvénients résultant de la fermeture hermétique de la chambre de chauffe : il ne paie plus, comme disent les Anglais.

Quoi qu'il en soit, il est possible que ce mode de tirage forcé revienne en faveur lorsqu'on voudra tirer tout le parti possible des chaudières aquitubulaires que l'expérience aura montrées susceptibles de supporter d'intenses combustions superficielles spécifiques.

Aussi, croyons-nous utile de donner comme type de tirage en vase clos, le schéma de l'installation du « Troude » et du « Linois ».

* * *

En même temps que les ingénieurs des divers gouvernements cherchaient à faire produire aux chaudières pendant quelques heures une énergie souvent hors de toute proportion avec les poids et les espaces disponibles, les constructeurs de navires marchands étudiaient, de leur côté, le tirage artificiel modéré. Ces derniers voulaient obtenir non seulement une diminution sensible des poids et des espaces nécessaires pour se procurer normalement une quantité déterminée d'énergie — et, par suite, à l'aide d'un transformateur donné, une quantité déterminée de travail — mais encore une économie très sérieuse de combustible.

Si l'on détermine expérimentalement, avec le tirage naturel, la température à laquelle les produits de la combustion s'échappent dans l'atmosphère, il est facile d'en déduire le nombre X de calories perdues pour effectuer l'entraînement du poids N d'air nécessaire à la combustion de l'unité de poids de houille, sans tenir compte des résidus. Désignons par : t, la température de l'air ambiant; T la température des produits de la combustion au sommet de la cheminée; c_1, c_2, c_3, ... les capacités caloriques, à la pression considérée, des gaz composant les produits de la combustion; n_1, n_2, ... et n_c les nombres qui représentent les poids de ces divers gaz et de la vapeur d'eau recueillis, à l'aide d'un appareil quelconque installé sur une prise de débit quelconque faite sur la cheminée, pendant un intervalle de temps quelconque θ_1, alors que le régime de combustion est établi d'une façon constante.

Puisque, dans un poids total $(n_1 + n_2 \ldots + n_c)$ de produits de

la combustion, on a recueilli un poids n_1 du premier gaz, il y a, dans le poids $(N + 1)$ de produits de la combustion, un poids $\frac{n_1(N+1)}{n_1 + n_2 \ldots + n_v}$ de ce premier gaz.

Le nombre de calories ainsi perdues est évidemment égal à :

$$\frac{n_1(N+1)}{n_1 + n_2 \ldots + n_v} c_1(T - t).$$

De même, le nombre de calories perdues par l'échappement de la masse correspondante de vapeur d'eau sera représenté par :

$$n_v \frac{N+1}{n_1 + n_2 \ldots + n_v} [606{,}5 + 0{,}305(T - t)].$$

Alors, le nombre total x de calories perdues par l'échappement à la température T du poids $(N + 1)$ des produits de la combustion dans l'atmosphère à la température t est donné par l'expression symbolique :

$$x = \frac{(N+1)(T-t)}{\Sigma n + n_v} \Sigma nc + \frac{n_v(N+1)}{\Sigma n + n_v} [606{,}5 + 0{,}305(T - t)].$$

ou encore :

$$X = \frac{N+1}{\Sigma n + n_v} [(T - t)\Sigma nc + n_v(606{,}5 + 0{,}305(T - t))]. \quad [12]$$

En pratique, la perte de chaleur est bien plus grande que ne l'indique cette équation [12].

En effet, il est extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, de faire arriver sur la houille la quantité d'air strictement nécessaire et suffisante pour la combustion ; les seules rentrées d'air pendant le chargement de la grille suffiraient à détruire l'équilibre, en admettant même que l'ont eût pu l'établir.

D'un autre côté, on sait que l'insuffisance d'air fait perdre, par unité de houille brûlée, un nombre considérable de calories : il se forme de l'oxyde de carbone, et les hydrocarbures brûlent incomplètement, comme l'indiquent les dépôts de suie et l'aspect de la fumée.

L'on est ainsi conduit à donner toujours un excès d'air, de façon à obtenir une combustion complète. Il s'ensuit que la perte de chaleur résultant de l'échappement dans l'atmosphère des produits de la combustion à la température T est plus grande que celle qui a été trouvée pour X.

Si l'on désigne par N_1 le nombre qui représente le poids de l'excès d'air fourni par unité de poids de houille brûlée, le nombre X_1 de calories perdues par unité de poids de houille sera représenté par l'expression symbolique :

$$X_1 = \frac{N + 1 + N_1}{\Sigma n + n_v} [(T - t)\Sigma nc + n_v(606{,}5 + 0{,}305(T - t))]. \quad [13]$$

Quelles que soient, d'ailleurs, les valeurs de X et de X_1, elles sont de la forme :

$$X_2 = K_2(T - t) + K_2'. \qquad [12\ bis \text{ et } 13\ bis]$$

En rapprochant ces dernières équations des équations [3] et [3 *bis*], on voit que, d'une façon générale, la pression motrice produisant le tirage naturel et le nombre de calories perdues par ce tirage naturel sont représentés par des expressions analogues :

$$K(T - t),$$

et

$$K(T - t) + K'.$$

La seule façon de diminuer X_1, c'est d'abaisser T autant que faire se peut.

Avec une chaudière ordinaire, il est clair que le minimum de T est la température T_1 de la vapeur correspondant à la pression ; cette limite inférieure ne pourrait, d'ailleurs, être à peu près atteinte que grâce à des augmentations tout à fait inadmissibles dans les dimensions des surfaces de chauffe et, par conséquent, du poids, de l'encombrement et du prix des générateurs ; d'ailleurs, avec les pressions toujours croissantes dans les générateurs modernes, cette limite inférieure T, déjà très élevée, tend sans cesse à augmenter.

Il est donc préférable de chercher l'abaissement de la température T à laquelle les gaz s'échappent dans l'atmosphère en réchauffant l'air de la combustion ou l'eau d'alimentation.

Actuellement, on n'a sérieusement expérimenté ces deux systèmes que séparément : toutes les nouvelles chaudières Belleville ont des « économiseurs » qui ne sont autre chose que des réchauffeurs d'alimentation. D'un autre côté, dans les foyers des chaudières ignitubulaires écossaises de plusieurs bâtiments, l'air de combustion est amené réchauffé par le procédé Howden. Dans les deux cas, les résultats obtenus sont très bons et bien supérieurs à ceux que l'on pouvait espérer obtenir en calculant le nombre de calories récupérées.

Nous avons donné, dans notre théorie de la circulation (Chaudières marines, Bulletin d'avril 1897), quelques rapides aperçus des raisons qui peuvent faire prévoir ce fait en ce qui concerne le réchauffage de l'eau d'alimentation. Mais ces appareils exigent, pour être efficaces, des dimensions et un poids tels que beaucoup de constructeurs préfèrent s'en passer et réchauffer l'eau d'alimentation à l'aide de condenseurs par surface spéciaux où arrive de la vapeur ayant déjà agi soit dans les machines auxiliaires, soit dans les cylindres haute pression de la machine principale.

Quant à l'excès de gain résultant du réchauffage de l'air, on l'explique généralement en disant que les combinaisons chimiques qui constituent la combustion s'opèrent plus facilement et plus complètement avec de l'air chaud que de l'air froid ; on dit aussi que l'on a une flamme plus chaude.

Nous ignorons ce que valent ces explications. Pour nous, la principale, sinon la seule raison de l'excès de gain qui semble constaté est la combustion plus rapide : si l'on admet que, dans la série des faits dont l'ensemble constitue le complexe phénomène de la combustion, les divers éléments en présence sont portés à une certaine température avant de se combiner en participant aux réactions indiquées par les formules chimiques, l'échauffement préalable de certains de ces éléments aura pour conséquence immédiate une diminution de la durée de la période de préparation des réactions ultimes et, par conséquent, une combustion plus rapide ; il en résulte que les réactions ont le temps de s'effectuer avant que leurs éléments constitutifs n'arrivent dans le faisceau tubulaire où ils subissent un brusque refroidissement qui vient empêcher l'accomplissement des combinaisons.

Quoi qu'il en soit, les deux systèmes en présence donnent des résultats tellement satisfaisants que leurs partisans admettent généralement que chacun d'eux, suffit séparément. Pourtant, il y aurait peut-être intérêt à les appliquer ensemble, afin de tirer le meilleur parti possible du combustible. Il faut cependant remarquer que l'on perdrait alors la simplicité d'installation (1) et l'économie de poids que les partisans du réchauffage de l'air chaud réclament en faveur de leurs appareils qui n'ont évidemment point besoin d'une grande solidité, puisque les pressions y sont très faibles et les accidents qui peuvent s'y produire n'ont généralement aucune gravité.

(1) Les réchauffeurs d'air sont beaucoup moins encombrants qu'on le pense généralement.

Quel que puisse être le système adopté pour rendre minimum le nombre de calories qui, entraînées par les produits de la combustion, s'échappent et se perdent dans l'atmosphère, on est forcément amené à renoncer au tirage naturel.

En effet, avec ce dernier, la valeur de la pression motrice disponible, donnée par l'équation [3 *bis*], a pour expression :

$$F = K_1 H(T - t) - f.$$

Or, le réchauffage de l'eau d'alimentation ou de l'air de combustion a souvent pour résultat d'augmenter tellement les pertes de charge f que la pression motrice F, étant données les hauteurs possibles des cheminées des navires, finit par tomber au-dessous des valeurs pratiquement acceptables.

Ainsi, soit que l'on désire augmenter la puissance spécifique d'un générateur marin, soit que l'on veuille améliorer son rendement, on est, en définitive, presque toujours amené à l'emploi du tirage artificiel.

*
* *

A bord des navires marchands, l'on a généralement voulu, tout en conservant les avantages du tirage artificiel modéré, éviter les complications de service résultant des chambres de chauffe hermétiquement fermées et ne communiquant avec l'atmosphère que par l'intermédiaire de sas à air.

Les ingénieurs ont donc été tout d'abord amenés à l'emploi du tirage en cendrier clos, qui, moyennant une dépense relativement minime, peut être assez facilement installé sur la plupart des bâtiments fonctionnant déjà au tirage naturel.

Parmi les différents essais, il suffira, comme exemples, de parler de ceux qu'ont faits MM. Audenet et Daymard, en France, et M. Fothergill en Angleterre.

En 1873, M. Audenet, Ingénieur en chef de la Compagnie Transatlantique, appliqua le système de tirage forcé en cendrier clos. Ses premiers essais aboutirent au brevet du 15 décembre 1881, qui revendique surtout l'emploi des portes de foyer, de cendrier et de boîte à fumée disposées de telle sorte qu'on pût obtenir le tirage en soufflant de l'air dans le cendrier fermé sans que la flamme ou la fumée puissent jamais être renvoyées au dehors.

Le moyen consistait dans l'usage de deux portes séparées par un intervalle mis en communication avec la soufflerie au moyen d'un tuyau muni d'une vanne permettant d'obtenir, sur la porte

en contact avec le foyer ou avec les gaz de la combustion, une pression plus forte à l'extérieur qu'à l'intérieur, de sorte que les gaz et la flamme ne pussent sortir par les interstices et fussent même refoulés en dedans. De plus, le jeu du mécanisme fermait automatiquement la conduite principale de vent, toutes les fois qu'on ouvrait la première porte, de sorte qu'à l'ouverture de la seconde, il n'y avait plus de pression dans le foyer.

Après des essais médiocres sur le *Mustapha* (en 1885) puis sur le *Dragut*, le *Washington*, le *Lafayette*, M. Daymard perfectionna les détails du système qu'il appliqua sur la *Ville-de-Bordeaux*, la *Ville d'Oran*, et les cinq navires construits de 1888 à 1891 pour le service Marseille-Alger : *Eugène-Pereire*, *Duc-de-Bragance*, *Ville-d'Alger*, *Maréchal-Bugeaud*, *Général-Chanzy*, pourvus de machines à triple expansion utilisant de la vapeur à 10 et 11 *kg*; il fut également appliqué à la *Touraine* et à la *Navarre*.

L'installation est la suivante : l'air arrive par le tuyau B dans un gueulard fixé sur la chaudière, concentriquement au foyer, et divisé en deux parties dans le sens de la hauteur par une cloison R. La partie inférieure communique directement avec le cendrier. La partie supérieure comporte une ouverture C destinée à permettre le chargement du charbon par la grille, de sorte que l'air arrive à la partie inférieure du gueulard dans une partie annulaire D d'où il passe ensuite au-dessus de la grille.

L'ouverture C est fermée par la porte du foyer F, avec portes intérieures G et contre-portes H dont les charnières sont fixées sur le gueulard. En face de l'espace D se trouve un contre-gueulard Q. Deux valves manœuvrées dans l'espace D, au-dessus de la grille par conséquent, l'intervalle C étant alimenté par celui D. L'admission de l'air dans le gueulard est d'ailleurs commandée par une valve manœuvrée par le levier L qui ne permet l'ouverture des portes du foyer que lorsqu'il a été ramené dans la position où la valve ferme l'arrivée de l'air. De plus, on peut régler l'arrivée d'air au-dessus de la grille par deux valves N que l'on peut manœuvrer au moyen d'un levier O dont la position est déterminée par un secteur denté P.

Les huit admissions et les valves N étant ouvertes, l'air arrive par la conduite B et se rend, d'une part, dans le cendrier, d'autre part, par les orifices, dans l'espace D. Une partie de l'air introduit en D traverse le fond du gueulard par les trous *a*, arrive dans le contre-gueulard Q et se rend enfin au-dessus de la grille par les trous C du contre-gueulard ; l'autre partie traverse les trous *b*,

			Mustapha	*Washington*	*La Touraine*	*La Navarre*	*Général-Chanzy*
Date de l'application du tirage forcé			1882	1886	1889	1890	1891
Surface de grilles aux essais			3,10 m^2	33,60 m^2	104 m^2	57,60 m^2	26,50 m^2
Surface de grilles en service			»	»	»	»	22 m^2
Surface de chauffe totale			176 m^2	9,45 m^2	3 123 m^2	1 760 m^2	846 m^2
Section tubulaire totale			»	7,52 m^2	14,90 m^2	7,94 m^2	3,43 m^2
Charbon consommé en service par heure.	par mètre carré de surface de chauffe	tirage naturel	»	3,06 *kg*	»	»	»
		— forcé	»	3,18 *kg*	3,48 *kg*	3,28 *kg*	2,36 *kg*
	par mètre carré de grille	tirage naturel	»	86 *kg*	»	»	»
		— forcé	»	90 *kg*	100 *kg*	100 *kg*	90 *kg*
	par mètre carré de section tubulaire	tirage naturel	»	385 *kg*	»	»	»
		— forcé	»	400 *kg*	725 *kg*	725 *kg*	582 *kg*
Puissance en chevaux indiqués aux essais.	totale	tirage naturel	»	3 219 *ch*	10 000 *ch*	4 552 *ch*	»
		— forcé	»	»	12 000 *ch*	6 600 *ch*	3 948 *ch*
	par mètre carré de chauffe	tirage naturel	»	»	3,22 *ch*	2,58 *ch*	»
		— forcé	»	»	3,90 *ch*	3,75 *ch*	4,68 *ch*
	par mètre carré de grille	tirage naturel	»	95,8 *ch*	96 *ch*	79 *ch*	»
		— forcé	»	»	116 *ch*	115 *ch*	150 *ch*
Nombre et débit des ventilateurs			1 de 10 000 m^3	»	4 de 20 000 m^3 4 de 25 000 m^3	4 de 40 000 m^3	4 de 20 000 m^3

arrive dans l'espace G, puis au-dessus de la grille en passant par les trous *d* et *e* ménagés dans les contre-portes G et H. Le diamètre et le nombre des trous livrant passage à l'air au-dessus des grilles doivent être calculés de telle façon que la vitesse de l'air ne varie pas durant son parcours à travers les différentes parties qui séparent le guenlard du foyer.

Le tableau suivant résume les principales données relatives à l'application du système aux paquebots de la Compagnie Générale Transatlantique (1).

Les tubes avaient 55 à 60 *mm* de diamètre, sauf pour le *Washington*, où ils avaient 76 *mm* de diamètre intérieur et 84 *mm* de diamètre extérieur.

Leur longueur était de 1,82 *m* sur le *Mustapha* ; 1,80 *m* sur le *Washington* ; 2,35 *m* sur la *Touraine* ; 2,50 *m* sur la *Navarre* et 2,77 *m* sur le *Général Chanzy*

Les applications du système aux chaudières marines ont donné lieu dans la pratique à des inconvénients assez sérieux : pertes de pression par les conduits de Serve, surtout s'ils sont longs et contournés ; avaries aux ventilateurs ; encrassement des tubes ; détérioration plus rapide des chaudières (tubes piqués, foyers et boîtes à feu corrodés), que l'on semble toujours être parvenu jusqu'ici à atténuer d'une façon satisfaisante.

M. Fothergill emploie une disposition différente de celle de M. Daymard : il dispose deux récipients placés, l'un sur la face antérieure, l'autre sur la face postérieure de la chaudière, qu'il relie entre eux par une gaine latérale. Le récipient antérieur communique directement avec le cendrier ; le récipient postérieur communique avec la chambre de combustion par une série de tubes débouchant dans des boîtes de fonte percées de petits trous.

Les gaz qui se trouvent dans la chambre de combustion sont ainsi brassés vigoureusement par l'air chaud admis sous forme de courants très divisés, mais très énergiques.

Ce système a été appliqué tout d'abord, en 1884, sur le *Marmora* puis sur cinq autres navires. D'après M. Fothergill, les résultats obtenus seraient les suivants (2) :

(1) Communication de M. Daymard sur *les résultats obtenus par l'emploi du tirage forcé en cendriers fermés dans les ateliers et sur divers navires de la Compagnie Générale Transatlantique*. (Association technique maritime, session de 1893.)

(2) *Forced draught*, communication faite le 22 mars 1888 devant l'*Institution of naval Architects*.

	JOURNÉES de NAVIGATION à vapeur	NŒUDS PAR HEURE	CONSOMMATION PAR JOUR de navigation	CONSOMMATION TOTALE par jour de navigation	COUT DES SOUTES par voyage
1° Marmora :					
Tirage naturel :			*t*	*t*	*f*
(Moyenne de 12 voyages) . .	16,81	7,71	8,8	10,7	1 358,75
Tirage forcé :					
(Moyenne de 11 voyages) . .	16,69	7,48	8,6	9,9	1 122,80
2° Danois :					
Tirage naturel :					
(Moyenne de 13 voyages) . .	16,31	7,91	9,95	11,2	»
(Moyenne de 4 voyages) (1) .	17 »	7,50	9,85	10,9	»
Tirage forcé :					
(Moyenne de 8 voyages). . .	15,89	7,44	7,8	9,5	»
(Moyenne de 4 voyages) (1) .	16,21	7,59	7,9	9,4	»

(1) Voyages effectués de septembre à février, dans les deux cas.

Ces exemples montrent que le tirage en cendrier clos, sans être le dernier mot du tirage artificiel, semble pouvoir rendre de bons services si les ingénieurs savent en faire des applications judicieuses et soigneusement étudiées.

* * *

Jusqu'à présent, les études pratiques sur le réchauffage de l'air à bord des navires sont dues exclusivement d'une part à M. J. Howden — cendrier clos avec réchauffage de l'air — et d'autre part à MM. Ellis et Eaves — tirage induit avec réchauffage d'air. C'est pourquoi il convient de donner de ces deux systèmes une description suffisamment détaillée.

* * *

Le système Howden, essayé d'abord en petit dès 1882 par son inventeur; fut ensuite appliqué à une chaudière construite spécialement pour permettre des essais sur une grande échelle. Cette chaudière mesurait 3,04 *m* de diamètre et 2,74 *m* de longueur; elle avait deux foyers de chacun 0,91 *m* de diamètre inté-

rieur et deux séries de 45 tubes de retour ayant 0,082 *m* de diamètre extérieur (1).

L'inventeur s'efforce de réaliser les avantages résultant du tirage forcé et du réchauffage de l'air avec les foyers des chaudières à vapeur ordinaires et sans rien changer aux conditions usuelles.

Pour atteindre ce but, il refoule à l'aide d'un ventilateur l'air nécessaire à la combustion dans une sorte de condenseur par surface dont le faisceau tubulaire est traversé par les gaz chauds qui s'échappent de la chaudière; il arriva ainsi à forcer ces gaz chauds à céder à l'air d'alimentation du foyer une bonne partie des calories qu'ils contiennent encore après leur passage dans le générateur.

Des jeux de valves permettent de régler l'admission de l'air chaud au-dessus et au-dessous de la grille, suivant la nature du combustible employé.

D'après M. Howden, si l'on modère la pression au-dessus de la grille et que l'on augmente celle au-dessous, la combustion est plus rapide que si, avec la même admission totale, la pression était augmentée au-dessus et diminuée au-dessous.

Dans ce dernier cas, les proportions peuvent même être réglées de manière à empêcher presque la production de tout courant à travers le combustible. L'admission de l'air au-dessus du combustible, en proportion convenable, aurait d'ailleurs, d'après M. Howden, pour effet de préserver les éléments du foyer et les barreaux de grille d'une usure trop rapide en modérant la vitesse de l'air à travers le combustible tout en maintenant celui-ci en parfaite combustion au-dessus de la grille.

Comme la pression dans la chambre de chauffe est moindre que dans le foyer et le cendrier, il est nécessaire que les portes de ceux-ci ferment hermétiquement, et il faut fermer les valves d'admission de l'air chaud lorsqu'on change la grille.

Le système fut bientôt appliqué sur deux grands vapeurs de la West India Line, le « New-York City » et le « Direct », faisant le service de Londres aux Antilles.

Le « New-York City, » construit en 1879, a un tonnage brut de 1 724 *tx*; il est pourvu de machines compound ordinaires.

(1) On combustion of fuel in furnaces of steam boilers by natural draught and by supply of air under pression (mémoire lu devant l'Institution of Naval Architects le 3 avril 1884).

Le tableau suivant résume les principales données des deux chaudières.

	Chaudière primitive.	Nouvelle chaudière.
Longueur	5,18	3,35
Diamètre	3,80	4,27
Dômes de vapeur	2	aucun
Nombre des foyers	4	3
Diamètre des foyers	0,104	0,101
Nombre de tubes	372	210
Longueur et diamètre des tubes	$1,94 \times 0,088$	$2,44 \times 0,076$
Surface des tubes	201 m^2	122,53 m^2
Longueur totale des barreaux de grille	1,67	1,32
Surface de grille totale	6,96	3,35

Le diamètre de la nouvelle chaudière avait été tenu un peu grand et le diamètre des tubes un peu fort, parce que les chaudières devaient, de par le contrat, être susceptibles de développer une certaine puissance avec le seul tirage naturel.

Chaque foyer comportait 40 tubes réchauffeurs de l'air, de 0,079 m de diamètre extérieur sur 0,68 m de long; ces tubes étaient, eux aussi, un peu plus gros qu'il ne convenait, en raison du travail éventuel au tirage naturel.

L'espace d'air entre les barreaux de la grille avait été réduit par des pièces latérales à un peu moins de 0,88 m dans le sens transversal, de sorte que chaque grille offrait, avec ses barreaux de 1,25 m de longueur, une surface de 1,10 m^2. L'usage de ces pièces latérales avait un double but : empêcher que le combustible ne brûlât trop rapidement sur les côtés du foyer et réduire un peu la chaleur en un point où le revêtement est placé dans des conditions défavorables pour la libération de l'eau vaporisée, se trouvant au-dessous de la ligne de centre du foyer.

Les machines n'ayant pas été modifiées, les résultats fournis par les deux chaudières, avec et sans le système de tirage forcé, étaient tout à fait comparables.

Les relevés suivants (1), qui s'appliquent à des voyages accomplis dans des conditions similaires avec les anciennes chaudières

(1) Empruntés à la communication faite le 15 avril 1886 par M. Howden à l'Institution of Naval Architects « On forced combustion in furnaces of steam Boilers ».

à tirage naturel et avec les chaudières à tirage forcé permettent de se faire une idée des résultats obtenus :

VOYAGE	ENFONCEMENT Arrière	ENFONCEMENT Avant	NOMBRE MOYEN de tours	PUISSANCE INDIQUÉE moyenne	CHARBONS	CONSOMMATION par 24 heures	TEMPS
1° Chaudière primitive avec tirage naturel.							
1° Retour, 1er janv. 1882.	6,18	5,87	56	564	Welsh	13 1/2 *t*	beau
2° Aller, 20 mai 1882 . .	6,20	5,74	59	pas relevée	Ryhope	15 *t*	—
2° Nouvelle chaudière avec combustion forcée.							
1° Aller, 13 octobre 1884.	6,20	5,74	57	pas relevée	Écossais	11 *t*	beau
2° Retour, 18 mai 1885.	6,18	5,87	60	623	Welsh	9 1/2 *t*	beau, vent debout

D'après ce tableau, il semble donc que la petite chaudière avec son système de combustion forcée, a non seulement fourni une puissance supérieure à celle que pouvait donner la chaudière plus grande à tirage naturel, mais a, en même temps, réduit la consommation de charbon avec les mêmes machines, de 1,02 *kg* à 0,64 *kg* par heure, abstraction faite de la puissance absorbée par le fonctionnement du ventilateur, puissance qui, empruntée à la chaudière, devrait être encore ajoutée à la puissance indiquée, relevée par les machines principales.

Sur l'*Indiana*, le tirage forcé, pratiqué selon le système Howden, a permis de développer 240 *ch* par mètre carré de grille, et de réduire à 235° la température de sortie de la fumée. Le système a été également appliqué par la *White-Star C°* sur le *Celtic*, le *Majestic*, le *Teutonic*, et par la Compagnie Cunard sur le *Sylvania*. La marine de guerre américaine l'a adopté pour ses petits bâtiments : *Détroit*, *Montgomery*, *Marblehead*, *Concord*, *Bennington*, *Bancroft*.

Dans le système Ellis et Eaves, les produits de la combustion, avant d'atteindre les ventilateurs, cèdent la plus grande partie de leur chaleur a l'air appelé dans le foyer.

Les inventeurs le complètent par l'usage de tubes Serve et l'adjonction de « retardeurs » dans les tubes.

Le système a été appliqué aux chaudières des usines Atlas à Sheffield, superbe installation métallurgique que j'ai visitée au commencement de 1896. Le dessin représente les dispositions pour les chaudières nos 7 et 8 (*fig. 2, pl. 208*), pour lesquelles ce

mode de tirage est en service depuis 1891 ; ces chaudières fournissent un travail continu, interrompu seulement les dimanches et jours de fête. Leur service ordinaire comporte une combustion régulière, sous un vide de 75 *mm* aux ventilateurs, de 175 à 190 *kg* de charbon par mètre carré de surface de grille. A certains moments de la journée, on activerait le ventilateur et l'on obtiendrait une combustion de 300 *kg* par mètre carré de surface de grille.

La grille est en deux longueurs ; les barreaux, en fer forgé ordinaire mesurent 0,860 *m* de longueur sur 0,070 et 0,060 *m* d'épaisseur, et sont distants de 0,016 *m*. Au lieu de s'abaisser vers le pied comme à l'ordinaire, la grille se relève un peu (50 *mm* pour 1m720 de longueur totale) avec des combustions inférieures à 180 *kg*, la grille peut rester horizontale.

Suivant que l'on brûle des charbons donnant beaucoup ou peu de fumée, on admet l'air chaud au-dessus ou au-dessous de la grille ; l'expérience seule indique ce réglage de l'air.

La partie supérieure des portes des cendriers est percée de petits trous permettant l'aspiration d'un certain volume d'air froid sous la grille.

D'après les inventeurs, toute l'installation donnerait entière satisfaction depuis les trois ans qu'elle fonctionne, et la température des gaz, au moment de leur passage dans les ventilateurs, n'excéderait jamais 230°.

Les chiffres ci-après sont empruntés aux tableaux résumant les épreuves faites en 1893 aux ateliers Atlas sur les chaudières nos 7 et 8 déjà citées, pourvues de ce mode de tirage et de tubes Serve avec retardeurs, toutes précautions ayant été prises pour éliminer les causes d'erreur.

Dans toutes ces expériences, les tubes n'ont pas été nettoyés pendant la durée des essais ; les feux étaient nettoyés à intervalles réguliers de six heures ; pour l'essai de quatre-vingt-seize heures, le nettoyage n'était pratiqué que toutes les douze heures. La pression de la vapeur fournie n'était que de 3 *kg*.

Au surplus, le système a été appliqué depuis à un certain nombre de steamers de l'*International Company* qui font les traversées transatlantiques : le *Berlin*, le *Southwark* et le *Kensington*, et depuis novembre 1893, à deux grands navires faisant le service de et pour l'Australie, le *Pertshire* et le *Buteshire*.

Le *Berlin* (mieux connu sous le nom de *City of Berlin* qu'il portait lorsqu'il naviguait pour l'*Inman C°*) est le premier vapeur qui ait été pourvu de ce mode de tirage.

DATES	DURÉE des essais	VAPORISATION		CHARBON brûlé par mètre carré de grille et par heure	TEMPÉRATURE DES GAZ		TEMPÉRATURE DE L'EAU		VIDE EN MILLIMÈTRES D'EAU				NOMBRE de tours du ventilateur	OBSERVATIONS
		Par heure	Par kilogr. de charbon à la température de l'eau d'alimentation		A la base de la chaudière	Dans la boîte à fumée	A l'entrée des tubes de chauffe	Aux soupapes latérales	Sous la grille	Au-dessus du feu	A la base de la cheminée	A l'échappement du ventilateur		
	heures	*l*	*kg*	*kg*	Degrés C.	Degrés C.	Degrés C.	Degrés C.	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*		
24 février 1893. .	7	5,703	9,14	209,81	208,9	256 »	16,1	137,2	25,7	0,0298	0,129	0,0095	573	Air chaud au-dessus de la grille, froid au-dessous.
27 — — . .	7	6,254	9,37	224,48	200 »		1[illegible],1	138,3	23,7	0,0316	0,117	0,0095	510	Air chaud dessus, mais dilué avec l'air froid fourni par 70 trous dans chacune des portes du cendrier.
15 mars — . .	7	5,975	9,05	222,05	198,9	332 »	18,3	135,6	31,8	0,0400	0,138	0,0095	567	
5 mai — . .	7	5,93	9,46	244,58	213,3	332 »	28,3	148,9	25,2	31,1	116,7	9,56	542	Air chaud au-dessus du foyer et froid au-dessous.
8 — — . .	7	6,94	9,45	289,57	223,3	331 »	28,3	145 »	23,7	31,1	111,7	9,56	541	Tout l'air froid et chaud sous la grille ; feux très peu chargés.
23/27 août — . .	96	5,206	4,038	196,35	200,6	346,7	»	128,3	»	12,2	119,3	»	541	Air chaud au-dessus, air froid au-dessous, les portes du bas étant entr'ouvertes à moitié.
29/30 — — . .	24	5,734	3,979	219,42	196,7	345 »	»	151,7	»	9,9	84,8	»	463	
1/2 septemb. — . .	24	5,58	4,078	208,18	196,7	325,5	»	127,8	19,6	29,5	116,2	»	525	Air chaud au-dessus et au-dessous, mais au-dessous mélangé d'air froid.
2/3 — — . .	24	5,608	4,124	209,20	199,4	366,6	»	145,6	16,5	18,2	128,7	»	571	Air chaud au-dessus, air froid au-dessous par 70 trous représentant une section totale de 798 cm^2.

Bien que l'installation faite après coup ne soit pas considérée comme bonne d'après les inventeurs eux-mêmes, elle aurait cependant donné de bons résultats, depuis le 1er mars 1893 qu'elle est installée, et assurerait une combustion moyenne de 131 *kg* par mètre carré de grille.

Le tableau suivant résume les principales données caractéristiques de ces navires et les résultats fournis par le système Ellis avec tubes Serve et retardeurs.

Le système semble donc avoir permis de réaliser à la mer, pour les services transatlantiques et d'Australie des combustions de 130 à 160 *kg* par mètre carré de surface de grille sans aucune avarie, tout en procurant une économie notable sur les installations ordinaires plus encombrantes à puissance égale.

Le principal facteur d'économie semble d'ailleurs provenir du tube Serve et des retardeurs placés au milieu du tube Serve. Quand on veut marcher au simple tirage naturel, on enlève les retardeurs et l'on ménage une évacuation directe de la boîte à fumée à la cheminée.

Pour le réchauffage de l'air, les inventeurs remplacent les tubes verticaux du système Howden par des tubes horizontaux et font passer l'air à travers ces tubes au lieu d'y admettre les gaz.

Pour une combustion de 226 *kg* par mètre carré de grille et par heure, l'air arrive à l'entrée du foyer à la température d'environ 150° les gaz étant à 370° dans la boîte à fumée et à 200° à l'entrée des ventilateurs.

Les inventeurs résument ainsi les avantages du système : pas d'avarie à la chaudière, comme dans le cas du tirage forcé ; chaufferie fraîche et propre ; aucun risque de brûlure pour les chauffeurs ; combustion sans fumée, même avec les charbons les plus bitumineux ; possibilité d'employer le tirage naturel avec facilité et grande élasticité de puissance.

Le système a, du reste, été encore perfectionné par l'adoption de la disposition suivante :

Le générateur comporte une double enveloppe créant un double espace circulaire tout autour de l'appareil. L'air destiné à la combustion entre par l'extrémité arrière de l'enveloppe dans l'espace annulaire extérieur AA′, cloisonné de manière à procurer un circuit hélicoïdal jusqu'aux valves BB′ placées sur les faces antérieures de la chaudière et par lesquelles l'air réchauffé pénètre dans le foyer. De leur côté, les gaz chauds de la combustion, au sortir de la chaudière, passent à travers la boîte de fumée, dans

	Berlin	*Southwark*	*Kensington*	*Pertshire*	*Buteshire*
Longueur du navire	148,74 *m*	146,30 *m*	146,30 *m*	132,58 *m*	132,58 *m*
Largeur du navire	13,41 *m*	17,37 *m*	17,37 *m*	16,45 *m*	16,45 *m*
Profondeur du navire	11,20 *m*	12,19 *m*	12,19 *m*	9,75 *m*	9,75 *m*
Déplacement au voyage d'essai	»	12300 *t*	12400 *t*	7500 *t*	»
Nombre de chaudières	8 à simple face	2 à double face 1 à simple face	2 à double face 1 à simple face	2 à double face	2 à double face
Dimensions des chaudières	4,02 *m* diam. moy. 3,46 *m* de long.	4,80 *m* diam. moy. 3,37 et 6,60 *m* long.	4,80 *m* diam. moy. 3,37 et 6,60 *m* long.	4,72 *m* diam. moy. 3,66 *m* de long.	4,72 *m* diam. moy. 3,60 *m* de long.
Nombre de foyers	24	20 Purves	20 Purves	6 Purves	6 Purves
Diamètre intérieur des foyers	0,96 *m*	1,01 *m*	1,01 *m*	1,14 *m*	1,14 *m*
Longueur de grille	1,60 *m*	1,75 *m*	1,75 *m*	1,75 *m*	1,75 *m*
Surface de chauffe totale en comptant la surface externe des tubes	1337,8 m^2	1141,3 m^2	1084,3 m^2	443,1 m^2	443,1 m^2
Surface totale de grille	36,79 m^2	35,58 m^2	35,58 m^2	11,80 m^2	11,80 m^2
Pression de régime	10,5 *kg*	14 *kg*	14 *kg*	11,2 *kg*	11,2 *kg*
Nombre de ventilateurs	4	5	5	2	2
Diamètre des ventilateurs	2,28 *m*	2,28 *m*	2,28 *m*	2,44 *m*	2,44 *m*
Vitesse moyenne développée aux essais en nœuds	»	16,3	15,8	11,75	»
Nombre moyen de tours des ventilateurs	360	317	»	320	»
Nombre de voyages	17	4	»	1	»
Puissance moyenne (I. C. V) pendant les voyages	5566 *ch*	4446 *ch*	»	2450 *ch* (vers l'Australie)	»
Consommation moyenne de charbon par chaudière indépendante	»	»	»	0,608 *kg* (petit Newcastle)	»
Température de l'air avant l'entrée dans les foyers	126° 6	132° 7	»	104° 4	»
Température des gaz à l'entrée du ventilateur	227° 2	200° 5	»	154° 4	»
Vide à l'extrémité du ventilateur	88 *mm*	72 *mm*	»	43 *mm*	»
Vide au-dessus du feu	28 *mm*	20 *mm*	»	5 *mm*	»

l'espace annulaire intérieur CC' où un cloisonnage hélicoïdal les oblige de même à plusieurs circuits avant qu'ils n'atteignent l'aspiration du ventilateur.

La chaudière se trouve ainsi entourée d'une enveloppe calorique qui empêche toute radiation et toute condensation ; la chaudière étant chauffée sur toutes ses faces se dilate plus régulièrement, ce qui permet, toutes choses égales d'ailleurs, de mettre en pression plus vite.

Il n'y a plus à craindre l'encrassement des tubes du réchauffeur d'air par les dépôts dans la boite à fumée, car ces dépôts, s'il s'en produit, tombent dans l'espace intérieur C d'où il est facile de les extraire par les portes de façade. Des portes D, D sont d'ailleurs ménagées pour permettre de passer une brosse et d'enlever les dépôts de suie qui pourraient se former sur le corps de la chaudière.

Les expériences auraient donné un rendement de 78 à 82 0/0 de la valeur calorifique du charbon employé et une consommation de 150 à 176 *kg* par mètre carré de grille.

Des essais pratiqués les 10 et 15 avril 1896 durant sept heures chacun ont donné les résultats moyens suivants :

	1er ESSAI	2e ESSAI	OBSERVATIONS
Charbon brûlé :			
Par heure	491,2 *kg*	519,8 *kg*	Dans le premier essai, les feux avaient été allumés à 7 h. 35 du matin et nettoyés à 8 h. 30 ; les observations ont été faites de demi-heure en demi-heure de 9 h. 40 à 4 h. 40 et les chiffres qui précèdent sont la moyenne des résultats relevés. La proportion de cendre a été de 4,6 0/0 ; il en a été enlevé 2,72 *kg* dans l'enveloppe intérieure.
Par mètre carré de grille et par heure.	170,5 *kg*	180,4 *kg*	
Vaporisation :			
Par heure	4 600 *l*	4 633 *l*	
Par kilogramme de charbon	9,4 *l*	8,9 *l*	
Température de l'air :			
A l'entrée du circuit extérieur	25° 6	19° 4	
Aux valves latérales	112° 2	126° 4	
Température des gaz :	bismuth fondu plomb non fondu		
Dans la boite à fumée			
A l'entrée du ventilateur	154° 4	178° 8	Deuxième essai sur la même chaudière : allumage à 6 heures du matin, nettoyage à 8 h. 30. Relevés toutes les demi-heures de 9 heures à 4 heures. Proportion de cendres 3,7 0/0. Quantité dans l'enveloppe intérieure 1,8 *kg*.
Vide :			
Sous les barreaux de la grille	19 *mm*	16 *mm*	
Au-dessus du feu	21 *mm*	21 *mm*	
A la base de la cheminée	117 *mm*	117 *mm*	
Épaisseur des barreaux	19 *mm*		
Intervalle libre pour l'air	16 *mm*		

En rapportant, à titre de comparaison, ces résultats au meilleur charbon gallois, on trouverait, d'après les inventeurs, que le système assure une vaporisation de 13 *l* d'eau par kilogramme de charbon avec un rapport de la surface de chauffe à la surface de grille de 28 seulement; la combustion dépasserait 150 *kg* par mètre carré de surface de grille avec un rapport de la surface de chauffe à la surface de grille de 28 seulement.

Une chaudière marine ordinaire de mêmes dimensions (3,20 *m* de diamètre et 3,20 *m* de longueur), avec un bon tirage naturel, vaporiserait environ 2 300 *l* d'eau par heure, le rendement n'étant que de 65 0/0, soit 10,5 *l* d'eau vaporisée par kilogramme du meilleur charbon gallois, au lieu de 13 *l*. Il faudrait donc deux de ces chaudières au lieu d'une pour fournir le même travail.

L'adjonction de 6 *t* de poids (poids du ventilateur, des enveloppes hélicoidales, et supplément de poids dû à l'usage des tubes Serve) suffirait avec la chaudière qui a servi aux expériences pour doubler la puissance de la chaudière, tout en assurant une économie de combustible d'environ 2 1/2 *t* par vingt-quatre heures, comparativement aux deux chaudières ordinaires équivalentes.

Conclusions.

Tel est aujourd'hui l'état où se trouve la question du tirage artificiel sur les navires.

Les trois systèmes en présence : vase clos, cendrier clos et tirage induit, ont chacun leurs partisans enthousiastes et leurs détracteurs acharnés.

Avant de donner quelques aperçus sur leurs avantages et leurs inconvénients respectifs, il convient de faire remarquer que si le vase clos n'a pas, jusqu'à présent, été appliqué avec le réchauffage de l'air, c'est que l'on ne s'est pas préoccupé de le faire. Peut-être même n'y a-t-on jamais sérieusement songé.

Le réchauffage de l'air n'est pourtant ni plus ni moins difficile à installer avec le vase clos qu'avec les autres dispositifs : aucune raison ne s'oppose à ce que l'air refoulé dans la chambre de chauffe, avant d'atteindre le cendrier et le foyer, traverse un réchauffeur où circuleraient également les produits de la combustion après leur sortie de la chaudière.

Enfin, le réchauffage de l'air n'est nullement incompatible avec le réchauffage de l'eau; et rien ne prouve que, dans un avenir prochain, l'on n'arrive point à installer sur les générateurs une

sorte de « triple expansion », c'est-à-dire un dispositif dans lequel les gaz chauds agiraient successivement sur la vapeur, sur l'air destiné à la combustion dans le foyer et sur l'eau d'alimentation.

Il y a donc lieu de considérer le réchauffage de l'air comme pouvant être également effectué avec les trois systèmes.

L'action de chacun de ces modes de tirage artificiel sur la combustion considérée en soi — c'est-à-dire pour une même combustion superficielle spécifique dans des générateurs identiques — a occasionné de nombreuses discussions : certains Ingénieurs prétendent que des moyens d'action dissemblables ne peuvent point donner les mêmes résultats ; d'autres soutiennent que, la différence de pression étant la cause unique du tirage, peu importe le moyen employé pour la produire, et qu'il n'y a aucune raison de supposer que, toutes choses égales d'ailleurs, la combustion ne s'effectue pas identiquement de la même façon avec les trois systèmes.

Il semble que la vérité soit entre ces deux opinions extrêmes, et que, dans chacun des trois cas, la combustion ne s'effectue pas absolument de même.

D'abord, rien ne permet de soutenir que l'égalité des dépressions doit forcément entraîner l'identité absolue de la combustion : lorsque l'on a plusieurs séries de phénomènes liés entre eux, dans chacune de ces séries, par des lois inconnues, l'identité entre eux de tous les phénomènes finaux ne permet nullement de déduire l'identité des phénomènes intermédiaires. Par exemple, pour élever d'une même hauteur deux corps ayant même masse, il faut effectuer le même travail ; de plus, si les deux opérations ont été effectuées dans le même intervalle de temps, le travail moyen dépensé par unité de temps sera le même dans les deux cas ; pourtant, rien ne permet d'affirmer que les masses ont suivi la même trajectoire ; rien ne prouve que pour un certain intervalle de temps arbitrairement choisi les deux travaux effectués, les trajectoires suivies et les vitesses moyennes réalisées sont forcément les mêmes. Au contraire, les trajectoires peuvent être quelconques, les travaux et les vitesses peuvent dans chaque cas prendre toutes les valeurs comprises entre $+\infty$ et $-\infty$; *a priori*, on ne peut donc rien affirmer, ni sur les trajectoires, ni sur les vitesses moyennes, ni sur les travaux ; il faut une étude spéciale pour chaque intervalle de temps considéré.

Si l'on revient maintenant à l'examen de l'action de chacun de ces trois modes de tirage sur la chambre de combustion — et

c'est là le point important à considérer dans tout générateur — on voit facilement qu'il existe des différences certaines dans chacun des trois modes : avec le tirage induit, la mise en mouvement des masses gazeuses s'effectue parce que la pression à la base de la cheminée est plus faible que dans la chambre de combustion. Les tuyères ne laissent s'échapper l'air chaud qu'au fur et à mesure de l'appel des gaz de la chambre de combustion vers la base de la cheminée.

Avec le vase clos ou avec le cendrier clos, l'air arrive dans la chambre de combustion sous une pression supérieure à celle des gaz qui s'y trouvent ; cet air se détend en même temps qu'il comprime les gaz ; de violents remous se forment, surtout lorsqu'on injecte l'air par tuyères.. La forme et la disposition des remous dépendent certainement de l'emplacement et de la section des tuyères, ainsi que de la pression de l'air. Il n'est certainement pas indifférent de faire arriver pendant l'unité de temps le même poids d'air dans des conditions très différentes de pression et de vitesse : une seule grosse tuyère, ayant pour une pression déterminée même débit qu'une batterie de petites tuyères, n'exerce pas la même action sur un foyer, parce que les surfaces des sections et, par conséquent, les débits sont entre eux comme les carrés des diamètres, tandis que les périmètres des sections et, par conséquent, les surfaces de contact de la veine atmosphérique sous pression avec les gaz sont entre eux comme les diamètres seulement; de même une batterie de petites tuyères, laissant échapper l'air sous forte pression et fournissant pendant l'unité de temps la même masse, ne produit pas le même effet sur un foyer qu'une autre batterie de grosses tuyères fournissant pendant l'unité de temps la même masse d'air à basse pression.

Ces considérations permettent de penser qu'avec le système de Howden le brassage des produits de combustion avec l'air est beaucoup plus énergique, mais que les coups de chalumeau sont plus redoutables.

En dehors de cette question d'effet produit sur la combustion, il y a pour chacun des trois systèmes certains avantages et certains inconvénients indiscutables.

Le vase clos offre les avantages suivants :

L'installation est facile et relativement peu coûteuse ; elle permet de développer une puissance considérable, eu égard au poids et à l'encombrement ; elle n'exige pas le refroidissement des produits de la combustion.

Les ventilateurs, agissant sur de l'air froid, sont de petites dimensions, étant donné leur débit ; ils sont très accessibles et faciles à surveiller et peuvent être placés n'importe où.

On a la possibilité de forcer la combustion superficielle spécifique des grilles au delà des prévisions sans rien craindre pour les ventilateurs.

L'on peut facilement passer du tirage artificiel au tirage naturel.

La combustion ne se ralentit guère ou tombe peu pendant le chargement des grilles.

La pression est plus grande dans la chambre de chauffe que dans la chambre de combustion, ce qui constitue une bonne condition de sécurité ; la ventilation de la chambre de chauffe s'opère d'elle-même.

Tous les constructeurs de chaudières que l'auteur a consultés semblent préférer le tirage forcé aux autres systèmes.

Par contre, le vase clos présente des inconvénients :

Chaque fois que l'on charge la grille, l'air froid rentre en masses considérables dans la chambre de combustion et vient brusquement refroidir les parties du générateur qui reçoivent le maximum de chaleur par unité de surface ; il en résulte de brusques variations de températures.

L'action de chalumeau peut parfois se produire.

La chambre de chauffe, hermétiquement close et ne communiquant avec l'atmosphère que par l'intermédiaire de sas à air, complique toujours le service et impressionne parfois d'une façon fâcheuse le moral du personnel ainsi emprisonné.

Les avantages du tirage induit sont les suivants :

La combustion ne se ralentit guère pendant le chargement des grilles.

La pression est plus grande dans la chambre de chauffe que dans la chambre de combustion, ce qui constitue une bonne condition de sécurité ; la ventilation de la chambre de chauffe s'opère d'elle-même.

L'action de chalumeau ne se produit pas.

La chambre de chauffe communique avec l'extérieur.

Les inconvénients du tirage induit sont :

L'installation n'est pas facile et est relativement coûteuse. Elle exige absolument le refroidissement des produits de la combustion.

On ne peut marcher au tirage naturel à moins d'installer une double canalisation — ce qui est presque impossible.

Les ventilateurs agissant sur de l'air chaud sont de grande dimension (1) et impossibles à surveiller en marche ; ils doivent forcément être placés près de la base de la cheminée.

Si l'on force la combustion superficielle spécifique des grilles très au delà des prévisions, on risque de détériorer les ventilateurs qui sont alors soumis à une température trop élevée.

Pendant le chargement des grilles, l'air froid rentre en masses considérables et refroidit brusquement les parties de la chaudière exposées au rayonnement du foyer.

Les avantages du cendrier clos sont :

L'installation est la plus facile et la moins coûteuse de toutes ; elle permet de développer une force satisfaisante eu égard au poids et à l'encombrement ; elle peut être effectuée sur presque tous les bâtiments.

Elle n'exige pas le refroidissement des produits de la combustion.

Les ventilateurs agissant sur de l'air froid sont de petites dimensions et d'une surveillance facile ; ils peuvent être placés n'importe où.

On peut facilement marcher au tirage naturel.

On peut forcer la combustion superficielle spécifique sans rien craindre pour le ventilateur.

Pendant le rechargement de la grille, il n'y a pas de rentrées d'air froid : les chaudières se détériorent peu.

La chambre de chauffe communique avec l'atmosphère.

Les inconvénients du cendrier clos sont :

Il faut des appareils spéciaux ou des dispositions spéciales pour amener la ventilation de la chambre de chauffe.

La combustion se ralentit pendant le chargement des grilles.

Les coups de chalumeau sont plus à craindre.

La pression étant plus grande dans la chambre de combustion que dans la chambre de chauffe, il y a de ce chef un danger permanent très grave pour le personnel : une avarie, l'oubli de fermer les conduites d'air sous pression avant d'ouvrir le foyer ou le cendrier, le non-fonctionnement d'un appareil automatique peuvent amener dans la chambre de chauffe la projection d'un long jet de flamme et d'énormes masses de produits de combustion.

Ce court exposé montre que pour le tirage, comme avec les chaudières, la perfection n'existe point.

(1) Les ventilateurs seraient de dimensions doubles et exigeraient environ un quart ou un tiers de force en plus, d'après ce que nous ont affirmé des Ingénieurs écossais.

Chaque système répond à des besoins différents :

Le vase clos et le cendrier clos à la grande puissance ;

Le tirage induit au maximum de sécurité du personnel ;

Le cendrier clos et le tirage induit à un bon service courant ;

Le cendrier clos à une économie de première mise de fonds.

L'usure comparative des chaudières avec chacun de ces trois modes de tirage artificiel est une question importante, qu'il est aujourd'hui difficile de résoudre, bien que le cendrier clos semble supérieur à cet égard.

Ce résumé des avantages et des inconvénients des trois systèmes explique pourquoi c'est le cendrier clos avec réchauffage de l'air qui l'emporte aujourd'hui dans la marine marchande.

Il existe enfin un point capital : réduire au minimum les risques du personnel.

Sur un navire de combat où il faut obtenir une grande puissance avec peu de poids et peu de place, le tirage induit qui offre le maximum de sécurité est difficile à installer.

On est donc généralement amené à choisir entre le vase clos, le cendrier clos ou le jet de vapeur Niclausse.

Il est presque impossible d'affirmer qu'un de ces systèmes offre sur les deux autres une supériorité bien marquée.

En cas d'accident, la sécurité résultant d'une chaufferie ouverte semble illusoire : une avarie sérieuse dans les générateurs ou le tuyautage rend bien difficile de s'échapper assez vite pour éviter les brûlures et la mort. La vapeur s'amasse toujours dans le haut des chaufferies et se précipite vers les ouvertures : le plus sage est donc de se placer aussi bas que possible et sous de violentes chutes d'eau froide.

Pourtant la chambre de chauffe ouverte donne certainement un meilleur dégagement qui peut être utile si le navire coule bas.

D'ailleurs, il ne serait pas impossible, au moins sur les grands navires, d'augmenter les chances de salut — aujourd'hui réellement trop peu nombreuses — qu'a le personnel des chaufferies en cas de rupture d'un tuyau contenant de l'eau ou de la vapeur.

On pourrait disposer les échelles dans un tube de tôle TT', commençant au plafond de la chaufferie et s'arrêtant à 1,50 *m* environ au-dessus du fond ; ce tube pourrait être, le cas échéant, balayé par une forte descente d'eau *(fig. 15)*.

La vapeur qui remplirait la chambre de chauffe tendrait à s'échapper dans l'atmosphère par un panneau AA' muni d'une grille pare-éclats dont le section libre serait plus grande que

celle du panneau T. Les hommes auraient alors quelques chances de s'échapper par TT'.

Avec le tirage induit, le cendrier clos ou le jet de vapeur Niclausse, les panneaux T et A seraient constamment ouverts. Avec le vase clos ils seraient généralement fermés, mais devraient pouvoir s'ouvrir brusquement et en grand à l'aide d'un appareil équilibré et obéissant au moindre effort.

Le sas à air serait sur le côté, soit du haut, soit du bas du tube TT', de façon à ne pas gêner l'issue de secours.

Dans ces conditions, il serait peut-être possible d'adopter définitivement le vase clos qui paraît être le système le plus puissant et le plus facile à placer sur un navire de combat. Mais il faudrait absolument que les installations des chaufferies — quelles qu'elles soient — inspirent une sécurité absolue au personnel appelé à les utiliser : la panique ne se raisonne pas, elle échappe aux meilleurs arguments et aux raisons les plus probantes.

Force est donc d'en tenir compte et de l'éviter à tout prix : entre un instrument supérieur jugé peu sûr — même à tort — et un autre instrument inférieur mais dont le fonctionnement certain inspire une confiance absolue aux hommes destinés à s'en servir, c'est le dernier qu'il faut choisir sans aucune espèce d'hésitation ; car il ne faut jamais oublier qu'à la guerre, dans les crises solennelles et décisives, la victoire est surtout le prix de la cohésion et de l'unité d'action qu'engendre la confiance.

MÉMOIRES

SUR LA

QUESTION DES LOCOMOTIVES

TRADUITS DU RUSSE

ANALYSE

PAR

M. A. MALLET

La Société des Ingénieurs Civils de France a reçu de deux de ses membres nouvellement admis trois notes sur des questions concernant les locomotives. Ces notes sont des traductions, faites du russe par les auteurs eux-mêmes, de mémoires ayant paru dans les publications de Sociétés très importantes et nous ont été envoyées par ces Collègues pour satisfaire à ce qu'on peut appeler aujourd'hui, sinon une exigence, tout au moins un désir exprimé par nos statuts.

L'intérêt des questions traitées, l'autorité qui s'attache au nom des auteurs dont l'un est adjoint au ministre des Voies de communication de l'Empire de Russie, et Président de la Société impériale technique russe, et l'autre Ingénieur au Département des chemins de fer du Ministère des Voies de communication, et enfin la marque de bienveillance donnée par eux à la Société dans cette circonstance faisaient un devoir à notre Bureau d'accueillir avec empressement ces travaux.

Aussi, après un examen attentif, a-t-il pensé que, s'il n'était pas indispensable de reproduire *in extenso* dans le Bulletin ces mémoires qui n'étaient pas inédits et dont l'un, le plus important, a déjà paru presque en totalité dans la *Revue générale des Chemins de Fer* de décembre 1897, il importait néanmoins de donner à nos Collègues une preuve du cas que nous faisions de leurs travaux en en donnant dans nos publications une analyse détaillée et il a bien voulu nous charger de ce soin.

Nous avons cherché surtout dans ce compte rendu à faire ressortir l'esprit des méthodes de recherches employées, la place dont nous disposons ne nous permettant pas de suivre les auteurs dans tous leurs développements et ceux de nos Collègues qui voudraient avoir une connaissance plus approfondie des mémoires pouvant toujours les trouver dans les archives de la Société.

REMARQUE

CONCERNANT

LA CONDUCTIBILITÉ DES TUBES A FUMÉE

DES CHAUDIÈRES DE LOCOMOTIVES

PAR

M. le Général N. DE PÉTROFF

(Extrait des Mémoires de la Société Impériale Technique russe)

L'auteur commence par rappeler les lois qui régissent la transmission du calorique à travers une paroi métallique. Les facteurs qui interviennent sont l'épaisseur et la nature de la paroi et les températures des faces. Le coefficient dépendant de la nature du métal est en moyenne pour le fer de 16,38 et il passera par heure 58 800 calories pour une épaisseur de 1 *mm* et une différence de 1° C. entre les températures des faces. Lorsque le calorique doit être transmis à travers la paroi d'un milieu fluide à un autre separé du premier par cette paroi, la question se complique par l'intervention des coefficients de transmission du calorique entre l'un des fluides et la paroi d'une part, et la paroi et l'autre fluide d'autre part. On a ainsi trois coefficients.

L'établissement des coefficients relatifs à la transmission, entre les fluides et le métal, présente de grandes difficultés parce que les températures des milieux à leur point de contact avec la paroi, sont rarement constantes.

Ser a constaté, dans ses expériences, que, pour l'eau, le coefficient de transmission du calorique, entre cette substance et la paroi métallique, varie d'importance avec la rapidité du mouvement de l'eau contre cette paroi. Par exemple, pour une vitesse de 0,05 *m*, le coefficient est de 8,50 et pour une vitesse de 1,1 *m*, il atteint 5 000 Le coefficient d'absorption de la chaleur des gaz par le métal dépend de la vitesse de circulation de ces gaz entre la paroi, et les chiffres donnés dans l'ouvrage de Ser indiquent que si, pour une vitesse de 0,678 *m* par seconde, il est transmis 15,435 calories, à la vitesse de 4,61 *m*, il en passe 42,710.

Une conséquence bien connue de ces faits, est que l'influence de l'épaisseur de la paroi et de sa nature disparaît presque entièrement en présence de celle de la transmission entre les fluides et le métal ou coefficients d'absorption du calorique.

Dans l'application aux chaudières à vapeur, les vitesses de circulation des gaz chauds sont infiniment plus grandes que celles qui ont été employées dans les expériences de Ser. Ainsi, si on suppose une chaudière tubulaire sur la grille de laquelle on brûle 1 800 *kg* de combustible à l'heure, avec 16 *kg* d'air par kilogramme, il devra passer dans le faisceau tubulaire 8 *kg* de gaz par seconde. Si la température est de 800° C, le volume sera de 24,3 m^3 et, pour une section de passage de 0,33 m^2, la vitesse des gaz atteindra 70 *m* par seconde. Quel est le coefficient d'absorption à ces vitesses ? Il ne peut être connu qu'à la suite d'expériences faites *ad hoc*.

M. le Général de Pétroff cherche à tirer à cet égard quelques indications des expériences classiques faites au chemin du Nord français en 1860-1864 par Geoffroy, sur une chaudière de locomotive qui avait été divisée en cinq sections, dont une était formée par le foyer ; chacune de ces sections constituait une sorte de chaudière indépendante, sur lesquelles on faisait des constatations distinctes relatives à la vaporisation.

Ces expériences, ne fournissant aucun renseignement sur l'air arrivant dans le foyer et sur la perfection de la combustion, ne permettent pas de déterminer la température des gaz à l'entrée et à la sortie des sections. Aussi l'auteur se trouve-t-il conduit à introduire quelques hypothèses.

Il suppose deux cas : celui où le volume d'air est égal à 1 1/2 fois le volume rigoureusement nécessaire pour opérer la combustion et celui où ce volume est double. Le premier donne un poids de gaz égal à 16 fois celui du combustible, et le second un poids égal à 22 fois. On admet en outre que le combustible a un pouvoir calorifique de 7 000 calories par kilogramme et que la vapeur formée contient 650 calories par kilogramme. Un tableau très étendu contient les données des expériences du Nord, et l'application à ces données des calcuis dont nous venons d'indiquer les éléments. On y trouve, comme conclusion, les valeurs du coefficient de conductibilité calorifique pour les quatre compartiments.

L'examen de ces chiffres fait voir que les valeurs de ce coefficient sont très différentes : elles sont d'autant plus grandes qu'on

brûle plus de combustible et qu'on fait passer plus d'air, c'est-à-dire, en somme, que le mouvement des gaz dans les tubes est plus rapide, ce qui confirme les résultats des expériences de Ser rappelées plus haut, mais avec des valeurs beaucoup plus élevées. Au lieu des chiffres de 23 ou 28 on obtient dans les deux premières expériences presque 43 et, pour les trois dernières, 81,4.

L'auteur ne se dissimule pas, d'ailleurs, qu'il ressort de cette manière d'opérer une indication sur le sens du phénomène, beaucoup plus que des valeurs précises, et il cherche à corroborer les chiffres obtenus plus haut par un calcul appliqué à une expérience faite récemment au Caledonian Railway par M. Ch. Rous-Marten sur une locomotive type Dunalastair.

Cette machine a traîné, sur une distance de 69 *km*, un train de 163,6 *t* à la vitesse de 57,9 *km* à l'heure sur une inclinaison de 13,3 0/00.

Le travail effectué correspond à 1 042 *ch*. En appliquant à ce travail une dépense par unité de puissance de 9,9 *kg* de vapeur, ou 11,5 pour tenir compte de la condensation, l'auteur arrive à une dépense de 12 000 *kg* d'eau à l'heure, avec 644 calories à fournir à chaque kilogramme et une production de 82 *kg* de vapeur par mètre carré de surface de chauffe tubulaire (nous n'entrerons pas dans le détail des hypothèses introduites pour arriver à cette répartition), on trouve finalement que chaque mètre carré de cette surface doit transmettre 52 800 calories par heure. La température des gaz étant supposée de 925° et celle de l'eau de 188° (pour une pression de 12,25 *kg*) la différence est de 737° d'où :

$$K = \frac{52\,800}{737} = 72.$$

Ce chiffre ne diffère pas beaucoup de celui de 81 trouvé plus haut.

On peut dire d'une manière générale que les coefficients de conductibilité admis par les auteurs jusqu'ici ne représentent guère que le tiers des valeurs que ces coefficients atteignent dans la pratique, mais à la faveur d'un mouvement très rapide des gaz.

M. le Général de Pétroff tire de ces faits plusieurs conclusions intéressantes. Il fait voir d'abord qu'il est plus avantageux d'augmenter la longueur des tubes que leur diamètre, ou, en conservant la longueur, le nombre que le diamètre. Il met de plus en lumière une importante qualité des chaudières tubulaires. On admet généralement que plus on fait produire de vapeur à une chau-

dière, moins on utilise avantageusement le combustible, autrement dit, plus la chaudière vaporise par mètre carré de surface de chauffe, moins elle produit par kilogramme de combustible brûlé sur la grille.

D'après l'auteur, ce ne serait point exact pour les chaudières tubulaires, et il explique, par un raisonnement appuyé sur des calculs que nous ne pouvons reproduire, que, non seulement le coefficient de conductibilité ne diminue pas avec l'augmentation du poids de combustible brûlé sur la grille, mais que ce coefficient augmente. Il en résulterait donc qu'en forçant la production de vapeur, on améliorerait les conditions de formation de cette vapeur.

Ce n'est pas, comme on l'a indiqué, l'opinion généralement admise, et il nous semble que le raisonnement de M. de Pétroff n'est point à l'abri de la critique, en ce qu'il ne paraît pas tenir compte de la distinction à établir entre les deux phases de la transformation en vapeur de la chaleur contenue dans le combustible, savoir la combustion et la vaporisation. En admettant en effet que la facilité d'absorption du calorique des gaz par l'eau de la chaudière, augmente avec la quantité de combustible brûlée, il ne s'ensuit pas que la combustion se fasse toujours dans les mêmes conditions quelle que soit la quantité de combustible brûlée, c'est-à-dire qu'on brûle par exemple, 300 ou 700 *kg* par mètre carré de grille. On sait que les Américains arrivent à brûler, sur les grilles de leurs locomotives, des quantités énormes de charbon, mais on sait aussi que l'utilisation du combustible dans ces chaudières n'est pas très élevée. Il peut donc y avoir, dans les modifications des conditions de la combustion, une influence qui s'exerce en sens contraire de celle qui se produit en faveur de la transmission de la chaleur des gaz aux tubes.

Nous croyons aussi que l'auteur, pour ses recherches si intéressantes, aurait eu avantage à prendre pour point de départ des expériences plus récentes et plus complètes que celles de Geoffroy, par exemple, celles qui ont été faites par M. Henry au chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, il y a une dizaine d'années et qui ont été continuées par son digne successeur, notre Collègue M. Baudry.

DÉTERMINATION
DES
DIMENSIONS PRINCIPALES DES LOCOMOTIVES
SPÉCIALEMENT AU POINT DE VUE
DES LOCOMOTIVES A GRANDE VITESSE

PAR

M. le Général N. DE PÉTROFF

(Extrait des Mémoires de la Société Impériale Technique russe.)

Ce second et très important mémoire commence par rappeler l'intérêt qui s'attache à l'heure qu'il est à la construction des locomotives à grande vitesse, en présence du besoin qu'on éprouve, dans tous les pays, à accélérer la marche des trains et à éviter les causes de retard.

Des tableaux donnent les vitesses maxima réalisées sur un certain nombre de lignes, notamment en Amérique, et l'auteur fait remarquer avec justesse que la vitesse obtenue sur les chemins de fer dépasse aujourd'hui non seulement celle de n'importe quel être animé, mais même celle du vent le plus violent. La vitesse d'un ouragan est, en effet, estimée à 160 *km* à l'heure et des trains aux États-Unis ont atteint une vitesse de 180 *km* à l'heure pendant quelques instants.

Au point de vue spécial des chemins de fer russes, l'auteur estime qu'une vitesse moyenne de 60 verstes à l'heure, soit 64 *km* doit être classée dans la catégorie des grandes vitesses et qu'on peut appliquer cette qualification aux locomotives pouvant réaliser cette vitesse. Il se propose donc de calculer les dimensions principales d'une machine placée dans ces conditions.

Le poids à traîner doit être de 250 *t* et celui de la locomotive et de son tender pouvant être *a priori* supposé de 85 *t*, on arrivera à un poids total de 335 *t* pour le train entier.

On doit d'abord remarquer que, si on veut parcourir en moyenne 60 verstes à l'heure, il faut pouvoir rattraper le temps perdu au départ, aux ralentissements et pour l'arrêt. Des considérations, dans le détail desquelles nous ne saurions entrer, amènent à

conclure que la vitesse moyenne doit être de 68,5 verstes à l'heure, soit 73 *km* et, comme le profil comporte des inclinaisons de 8 0/00 au maximum, on sera amené à prévoir les vitesses suivantes :

En palier.	73 *km*
Sur les rampes de 8	50
En pente, jusqu'à	100

Il n'y a, au moins dans certaines limites, aucune relation absolue entre la vitesse et le diamètre des roues ; celles-ci peuvent avoir de 1,700 à 2,500 *m*. Néanmoins, comme il paraît utile de ne pas accélérer par trop la rotation, on adoptera le diamètre de 2 *m* qui correspond à 4,42 tours par seconde pour 100 *km*. La charge des roues motrices atteint aujourd'hui des chiffres élevés, mais comme les voies russes ne permettent pas de charger les rails de plus de 7 *t* par roue, on adoptera le chiffre de 14 *t* par essieu. Des considérations analogues tirées d'exigences locales fixent à 13 *atm* la pression à la chaudière de la machine projetée.

L'auteur discute diverses formules relatives à la résistance des trains, notamment celle qui résulte des expériences faites par M. Privat au chemin de fer de Lyon et, en tenant compte des conditions climatériques et autres que l'on rencontre en Russie, arrive à adopter la formule suivante :

$$W = 1{,}2\ Q + 0{,}6\ n\ V + 0{,}03\ (1 + 0{,}04\ n)\ V^2$$

dans laquelle W est l'effort de traction, Q le poids du train, n le nombre des voitures et V la vitesse en kilomètres à l'heure.

Au moyen de ces données l'auteur établit le travail nécessaire pour le déplacement du train aux diverses vitesses et sur les différentes inclinaisons positives ou négatives du profil; le résultat de ces calculs figure dans trois tableaux. Il résulte de ces considérations que la locomotive projetée doit pouvoir développer un travail indiqué d'environ 900 *ch* pour une vitesse de 100 *km* à l'heure avec l'admission minima dans les cylindres.

C'est d'après ces bases que doit être faite l'étude de la chaudière et du mécanisme de la locomotive.

M. de Petroff emploie la formule :

$$T = 32475 - 18447\ \Sigma$$

dans laquelle T est le nombre de kilogrammètres représentant le travail fait par un kilogramme de vapeur pour un volume Σ oc-

cupé dans le cylindre par la vapeur à pleine pression, y compris l'espace neutre, formule qu'il a déduite des expériences de M. Bauschinger ; seulement, comme ces expériences n'ont porté que sur des locomotives marchant à des pressions de 8 *atm* au plus, l'auteur a jugé nécessaire de vérifier et modifier les résultats au moyen de ceux donnés par des expériences plus récentes et faites dans d'autres conditions, telles que celles déjà citées de M. Privat. Il trouve que le travail indiqué pour tous les cas se rapproche très sensiblement de 0,64 du travail correspondant à la loi de Mariotte et réunit les résultats obtenus dans un tableau qui donne les valeurs de T pour les différentes valeurs de Σ allant de 0,14 à 0,34 soit, si on admet 4 0/0 d'espace neutre, des admissions de 0,14 à 0,30 ; ce tableau contient comme conséquence les poids de vapeur nécessaires pour donner un cheval indiqué pour les diverses admissions, ces poids variant de 10,1 *kg* par heure pour 0,10 d'admission, à 11,6 pour 0,30. On a tenu compte pour l'établissement de ces chiffres de la condensation initiale aux cylindres comptée à raison de 15 0/0 et l'auteur fait observer que ce tableau peut également servir pour le calcul des machines compound en prenant pour point de départ que celles-ci consomment environ 15 0/0 de vapeur de moins que les machines ordinaires, de sorte que la dépense par cheval et par heure ne serait plus que 9,2 pour une expansion correspondant à 0,10 d'admission à la machine ordinaire, et 10,5 pour l'expansion correspondant à 0,30.

M. de Petroff considère que les nombres trouvés ainsi représentent assez exactement les valeurs de la pratique et qu'ils coïncident très suffisamment avec les résultats des expériences faites aux Etats-Unis, à l'Université de Purdue. On est ainsi conduit à admettre que pour produire un travail de 900 *ch* à la vitesse de 100 *km* à l'heure avec une admission de 10 0/0, il faut dépenser et, par conséquent, produire $900 \times 10{,}1 = 9\,090$ *kg* de vapeur à l'heure. Ce chiffre doit être considéré comme un maximum, car aux autres allures la consommation diminuerait plutôt ; ainsi à 70 *km* l'introduction s'élèverait à 0,20 et la dépense élémentaire à 10,3, mais, le travail n'étant plus que de 882 *ch*, la dépense totale serait de 9 080 *kg* c'est-à-dire ne dépasserait pas la précédente.

Les règles employées en Allemagne (1) indiquent pour une

(1) Nous ne croyons pas qu'on puisse établir de règle générale reliant la puissance par mètre carré de surface de chauffe à la vitesse, parce que ce rapport dépend des proportions des chaudières, de la perfection du fonctionnement des machines, etc. Voici par exemple,

vitesse de 70 *km* à l'heure une production de 5,2 *ch* par mètre carré de surface de chauffe totale, ce qui correspondrait, pour les 882 *ch* que nous venons de trouver, à une surface de chauffe de 169,6 m^2. L'auteur considère cette règle comme tout à fait inexacte et donnant des résultats beaucoup trop faibles qui conduisent à une surface de chauffe exagérée.

Il reprend les expériences de M. Privat et en reporte les résultats sur un tracé graphique qui lui permet de chercher une corrélation entre le nombre Ni de chevaux par mètre carré de surface de chauffe et la vitesse V. On trouve ainsi que cette corrélation est affectée par l'intervention du coefficient Σ et de la densité Δ de la vapeur qui arrive au cylindre. On est donc conduit à établir quatre tableaux pour des valeurs de Σ de 0,114 — 0,155 — 0,194 et 0,232.

Le premier tableau donne une valeur moyenne de

$$Ni = 0{,}0528\ V \text{ et } \Delta = 6{,}717$$

Le second $Ni = 0{,}0718\ V$ et $\Delta = 6{,}913$

Le troisième $Ni = 0{,}0882\ V$ et $\Delta = 6{,}952$

Le quatrième $Ni = 0{,}1055\ V$ et $\Delta = 7{,}044$

Il est facile de voir que, si le travail développé par mètre carré augmente avec la vitesse, on constate que la quantité de vapeur produite par la chaudière reste presque rigoureusement la même et, par conséquent, n'est pas affectée par la vitesse. En effet on trouve que les produits de la vitesse par le volume admis au cylindre et par la pression à l'admission, produits qui donnent la mesure de la dépense de vapeur, sont sensiblement constants. On a, par exemple :

$$\frac{75{,}83 \times 0{,}232 \times 7044}{90{,}70 \times 0{,}194 \times 6952} = 1{,}013,$$

c'est-à-dire que les dépenses à 75,8 *km* et à 90,7 ne diffèrent que

un tableau qui donne d'après l'*Organ*, 1895 page 36, la puissance par mètre carré pour 4 types de locomotives à marchandises à des vitesses de 15 à 40 *km*.

		Surface de chauffe	15 *km*	20 *km*	30 *km*	40 *km*
Locomotive	normale. . . .	125m^2	2,60	3,00	3,50	4,00
—	Erfurt.	138	2,48	3,02	3.70	4,20
—	Hanovre. . . .	143	3,36	4,02	4,70	4,80
—	Cologne. . . .	142	3,51	4,07	4,75	5,00

On voit que, pour la même vitesse, les puissances varient dans de grandes proportions d'un type à l'autre. Il est infiniment probable qu'il en serait de même pour des locomotives à voyageurs entre les limites de 60 et 100 *km*.

d'un peu plus de 1 0/0. Il en est de même pour d'autres exemples et les différences ne dépassent jamais 3 0/0.

Pour la détermination de la surface de chauffe, l'auteur, d'après l'examen de diverses chaudières, entre autres de celle de la locomotive du Caledonian Railway, admet *a priori* qu'une surface directe de 13,7 m^2 et une surface tubulaire de 132,5 faisant un total de 146,2 doit répondre aux exigences formulées plus haut et se propose d'en vérifier la convenance en utilisant les indications des expériences, rappelées précédemment, de Geoffroy.

Avec une vaporisation de 200 *kg* par mètre carré et par heure, le foyer vaporisera $13,7 \times 200 = 2\,740$ *kg*. Les tubes n'auront plus à produire que $9\,000 - 2\,740 = 6\,260$ *kg*. On suppose que les gaz entrent à 1 100° dans le faisceau tubulaire et en sortent à 750°. La quantité de chaleur possédée à 13 *atm* par un kilogramme de vapeur est de 665 calories ; il faudra donc que la surface tubulaire transmette à l'eau 4 162 900 calories par heure, on est ainsi conduit, en appliquant le calcul donné dans le précédent mémoire de M. de Petroff, à trouver le chiffre de 134,7 m^2 pour la valeur de la surface tubulaire ; ce chiffre diffère bien peu de celui de 132,5 admis *a priori*.

L'auteur indique une combustion par heure de 1 900 *kg* de combustible, soit 724 *kg* par mètre carré et par heure pour une grille de 2,61 m^2 de surface; la vaporisation serait donc de $\frac{9000}{1900} = 4,74$ *kg* par kilogramme de combustible, chiffre qui paraît bien faible pour du combustible fournissant par hypothèse 7000 calories par kilogramme. Le combustible brûlé sur la grille fournirait en effet un total de 13,5 millions de calories et la vapeur produite n'en représenterait que $9\,000 \times 665 = 6$ millions en nombre rond soit 44 0/0 seulement. Cette quantité de combustible semble donc très exagérée.

Reste à déterminer les dimensions des cylindres.

A 100 *km* à l'heure, avec des roues de 2 *m*, le nombre de tours est de 4,42 par seconde et celui des cylindres de 17,68. Pour un travail de 900 *ch*, avec $\Sigma = 0,14$, on trouve un volume de cylindres égal à 0,1425 m^3. Si on fait la course égale à 0,61 *m*, le diamètre des cylindres est de 0,545 *m*.

S'il s'agit d'une machine compound à quatre cylindres, le diamètre trouvé sera celui des grands cylindres, et si on admet un rapport de volume de 2,25 à 1, le diamètre des petits cylindres sera $0,666 \times 0,545 = 0,363$.

Avec l'introduction maxima correspondant à $\Sigma = 0{,}34$ on exercerait, à une vitesse de 40 *km*, un effort de traction de 5 160 *kg*, suffisant pour remorquer à la vitesse ci-dessus le train considéré sur une rampe de 11 p. 1 000 et le travail développé dans ces conditions serait de 783 *ch*. Nous aurions encore à examiner si la machine ainsi établie est capable de produire le travail nécessaire pour regagner le temps perdu pour les ralentissements et la mise en route. Cette question est traitée avec un assez grand développement et l'auteur s'appuie sur des formules données par lui dans un ouvrage sur « la résistance des trains ». Nous ne pouvons, sous peine d'allonger par trop ce compte rendu, entrer dans les détails de cette question, et nous renverrons au mémoire ceux de nos Collègues que ce sujet intéresserait particulièrement.

Les méthodes de calcul que nous avons exposées au courant de cette analyse ont bien quelque chose d'un peu vague et indéterminé, à cause des nombreuses hypothèses qu'on est obligé d'introduire ; mais, dans l'état actuel de la science, il est bien difficile de faire autrement. On peut d'ailleurs faire la même critique des méthodes exposées dans un rapport à l'Association Américaine des Master Mechanic's, rapport dont nous avons présenté une analyse détaillée dans les chroniques de août, septembre et octobre 1897. Ce rapport concernait les relations entre les surfaces de grille et de chauffe et le volume des cylindres dans les locomotives, question identique à celle qui est traitée ici. La méthode américaine est analogue à celle de l'auteur russe ; elle s'appuie comme elle sur les résultats d'expérience, mais affecte une forme plus empirique et ne comporte pas les développements scientifiques de celle que nous venons d'étudier.

Nous indiquions, page 502, *Bulletin* d'octobre 1897, que la surface de chauffe peut, quand on se sert d'anthracite comme combustible, se déduire du volume des cylindres par la relation très simple $S = 600 \times 2 \frac{\pi d^2}{4} l$ ou, en simplifiant, $300\ \pi d^2 l$.

Si on applique cette relation au cas donné par M. de Petroff, où on a $d = 0{,}545\ m$ et $l = 0{,}610\ m$, on trouve $S = 170{,}4\ m^2$, valeur bien plus élevée que la sienne qui n'est que de $134{,}7\ m^2$. Mais on doit considérer qu'aux États-Unis les locomotives fonctionnent avec des introductions beaucoup plus considérables et ont, par conséquent, des cylindres plus petits; ainsi, une machine faisant un travail équivalent à celui que nous avons indiqué plus haut aurait, d'après la pratique américaine, des cylindres de

19 pouces de diamètre et 24 de course, soit 0,483 et 610 *m*. Dans ce cas, on trouverait pour la surface de chauffe une valeur de 134 m^2, chiffre identique à celui de 134,7 donné par M. de Petroff. Il n'y a rien d'étonnant à ce que des méthodes un peu différentes, mais partant toutes deux des indications fournies par une pratique très étendue, aboutissent aux mêmes résultats.

Il est bon de faire observer ici que la machine américaine détendant moins consomme un peu plus de vapeur pour le même travail et que, par conséquent, la même surface de chauffe devra vaporiser un peu plus, ce qui est d'ailleurs sans inconvénient au point de vue de la pratique des États-Unis.

Avant de terminer, nous croyons nécessaire de dire quelques mots au sujet d'un point qui ne touche pas directement au mémoire dont nous nous occupons, mais qui s'y trouve cependant mentionné.

En citant les conclusions émises par M. Ch. Rous-Marten dans un mémoire sur les locomotives anglaises à grande vitesse, conclusions parmi lesquelles figure l'abandon du système compound pour ce genre de machines, l'auteur mentionne qu'une des manifestations de cet abandon serait le fait que, « sur la ligne North Western, on a déjà transformé 186 locomotives compound de Webb en machines simples. »

Cette indication très grave par elle-même, ayant été reproduite sans observation avec le mémoire dans une revue autorisée et très répandue, il en est résulté une certaine émotion dans les milieux intéressés à la question et les adversaires de la locomotive compound y ont trouvé un argument en faveur de leurs idées.

Quelque invraisemblable que fût la nouvelle, il nous a paru nécessaire d'en vérifier le caractère; nous avons pensé que le mieux était de s'adresser au principal intéressé, ce que nous avons fait par l'intermédiaire obligeant de notre Collègue M. H. Chapman, et celui-ci a voulu bien nous transmettre une lettre adressée à lui, en réponse, par M. F. W. Webb, l'éminent Locomotive Superintendent du London and North Western Railway, et datée de Crewe, 14 février 1898. Cette lettre débute par cette phrase significative: « Loin de transformer des machines compound en machines simples, nous livrons actuellement trois compound neuves par quinzaine », et termine par celle-ci qui n'a pas moins d'intérêt: « Comme vous le savez, j'avais fait l'année dernière deux locomotives à quatre cylindres, pour service de voyageurs, l'une compound, l'autre non compound; la première s'est mon-

trée tellement supérieure à l'autre que je me dispose à transformer la machine simple en compound. »

On voit par ces lignes que la foi de notre distingué Collègue dans le système compound, dont il a si puissamment contribué à développer l'emploi sur les chemins de fer, n'a nullement diminué.

Il y avait donc une erreur évidente. D'où provenait-elle? Pour le savoir nous avons du remonter à la source et, faute d'avoir sous la main le texte anglais de M. Rous-Marten, nous nous sommes reporté à la traduction de son mémoire donnée dans le *Bulletin de la Commission Internationaledu Congrès des Chemins de fer* de mars 1897. Le passage en question est ainsi conçu : « D'autre part, non moins de 186 locomotives express anciennes du type à quatre roues couplées ont été reconstruites et remises à neuf comme machines à simple expansion ». Il s'agit ici des anciennes locomotives du type Webb antérieur à l'introduction du système compound et nullement de locomotives compound et si M. Rous-Marten cite ce fait à l'appui de sa thèse, c'est évidemment pour indiquer que le goût de M. Webb pour les compound ne va pas jusqu'à lui faire tenter des transformations impraticables probablement. En tout cas, il y a un abîme entre le fait en question et celui de la transformation de machines compound en machines ordinaires.

L'erreur que nous venons de signaler dans le mémoire russe est donc évidemment le résultat d'un malentendu ou d'une confusion auxquelles la traduction d'une langue dans une autre n'est sans doute pas étrangère ; elle est donc très excusable, mais il importait de ne pas la laisser se propager; et nous avons eu d'autant moins d'hésitation à la relever que l'auteur du mémoire que nous venons de présenter ne peut, en aucune manière, être soupçonné d'être hostile à la machine compound qu'il considère, au cours de son mémoire, comme devant réaliser une réduction de dépense de vapeur de 15 0/0 par rapport à la machine ordinaire.

ACCUMULATEURS DE CHALEUR
APPLIQUÉS AUX CHAUDIÈRES DE LOCOMOTIVES

NOTE

DE

M. V. WIGOURA.

L'appareil dont il est question dans cette note consiste en un réservoir cylindrique à axe horizontal, en tôle, d'une capacité de 1 500 litres environ, placé sur la chaudière et en communication avec elle par un système de tuyaux et de robinets tel, qu'on puisse à volonté, ou faire passer dans le réservoir une partie de l'eau de la chaudière ou faire rentrer dans celle-ci l'eau du réservoir.

Le but de cette disposition est de permettre l'alimentation sans abaissement de pression, dans les circonstances où la locomotive doit développer toute sa puissance ; on emploie alors à cet effet l'eau emmagasinée dans le réservoir pendant les stationnements ou les parcours en pente pendant lesquels on consomme peu ou point de vapeur.

L'application de ces accumulateurs sur la ligne de Moscou-Koursk, des chemins de fer de l'Etat russe, a, d'après les rapports officiels de la direction au Ministre des voies de communication, donné d'excellents résultats. On a pu augmenter la charge des trains de 15 à 20 0/0 et on a constaté une réduction de la consommation de combustible allant jusqu'à 15 0/0.

On peut dire dès à présent que l'emploi de cet appareil suppose, dans la marche des locomotives, des conditions qu'on ne rencontre pas toujours, des stationnements prolongés et un travail assez variable, sans l'être trop toutefois, c'est-à-dire un profil comportant des rampes de longueur modérée. Avec un tracé très favorable, l'accumulateur ne présenterait pas d'intérêt; si le profil comportait de très longues rampes, son efficacité ne serait pas suffisante. C'est donc une solution qui s'applique seulement à des cas particuliers et qui paraît convenir tout spécialement aux conditions de tracé et de service des chemins de fer russes.

L'efficacité de l'appareil étant admise pour ces conditions, on peut se demander s'il est bien nécessaire de faire cette addition à la chaudière, et si on ne peut pas arriver au même but d'une manière plus simple, par une augmentation de la surface de chauffe de la chaudière, ou seulement par l'accroissement du volume d'eau de celle-ci.

M. Wigoura examine ces objections et démontre, par des raisonnements très développés, qu'en dehors de la question de l'utilisation du matériel existant et de son amélioration par une addition presque insignifiante, il y a d'autres raisons qui font que la solution adoptée, c'est-à-dire l'emploi de l'accumulateur de chaleur, présente, dans les conditions qui ont été indiquées, un avantage réel sur l'emploi d'une chaudière plus puissante.

Celle-ci sera plus coûteuse d'établissement et d'entretien, et sa conduite sera beaucoup plus difficile en présence des variations dans le taux de la combustion et de la vaporisation qu'amènera la variation du travail. De plus, avec cette chaudière plus puissante, on ne sera probablement pas dispensé de l'emploi sur les rampes du serrage de l'échappement, comme cela a lieu avec l'accumulateur, et le rapport considère cet avantage de l'accumulateur comme très important, parce qu'il a une influence sur la durée des chaudières.

Quant à l'emploi d'une chaudière à plus grand volume d'eau, sans augmentation de la surface de chauffe, M. Wigoura fait observer qu'on ne peut le réaliser ici que par l'accroissement du diamètre de la chaudière, ce qui conduit à un poids plus grand de métal tant par le développement plus considérable de l'enveloppe que par le surcroit d'épaisseur à donner à la tôle de cette enveloppe.

L'auteur démontre que, dans une chaudière ainsi établie, il existe des parties où l'eau n'est pas suffisamment échauffée par la chaleur émise par le faisceau tubulaire et qui constituent en réalité, des portions improductives en présence de la transmission inefficace du calorique dans des masses d'eau stagnante. On ne peut d'ailleurs songer à augmenter le volume d'eau dans une chaudière donnée par le simple relèvement du niveau. En admettant qu'on ait un accroissement suffisant de volume, on déterminerait des entraînements d'eau très gênants, tant à cause de la réduction de la chambre de vapeur que par celle de la surface d'émission de la vapeur de l'eau de la chaudière.

L'auteur, sans vouloir dire que la solution employée au chemin

de fer de Moscou-Koursk soit une forme parfaite, définitive, où il n'y ait rien à changer, croit pouvoir conclure que l'emploi d'un accumulateur de chaleur indépendant de ce genre présente, pour le service des locomotives, des avantages qui le recommandent à l'attention. En tout cas, un fait qui plaide puissamment en faveur de cet appareil est le développement de son emploi sur les chemins de fer russes. Depuis que le mémoire de M. Wigoura a été envoyé à notre Société, ces applications se sont multipliées, et notre Collègue a bien voulu nous informer récemment que la direction du chemin de fer transsibérien venait de commander des accumulateurs pour 30 locomotives existantes, et la direction du chemin de fer de Riazan-Ouralsk un nombre égal pour locomotives déjà en service. Nous croyons savoir aussi que le chemin de fer de l'Ouest français fait actuellement un essai du même appareil sur une locomotive à marchandises.

CHRONIQUE

N° 220.

Sommaire. — Pont à poutres à arcades, système Vierendeel. — Le paquebot belge *Princesse-Clémentine*. — Le chauffage au coke. — Moteurs à marée. — Emballage du coton.

Pont à poutres à arcades, système Vierendeel. — Ceux de nos Collègues qui ont visité l'Exposition de Bruxelles ont pu voir, dans le parc de Tervueren, un pont d'un système particulier dû à M. Vierendeel, Ingénieur en chef, Directeur du service technique de la Flandre occidentale. Ce pont, destiné, d'après l'auteur, à inaugurer une ère nouvelle dans la construction des ponts métalliques, a été soumis à deux séries d'épreuves dont la dernière allant jusqu'à la rupture. Nous trouvons dans les *Annales des Travaux Publics de Belgique*, un important mémoire de MM. A. Lambin et P. Christophe, Ingénieurs des Ponts et Chaussées, sur ces essais et nous en donnons un résumé succinct.

L'auteur considère que la solution de l'âme pleine est la meilleure qu'on puisse adopter pour établir la solidarité entre les deux semelles d'une poutre droite et que la seule objection qu'on puisse lui faire, au delà d'une certaine portée, est l'augmentation de poids par rapport à la poutre en treillis ou à croisillons.

Partant de cette idée que le treillis à assemblages rivés n'est pas un système articulé et n'est pas, même dans le cas du treillis simple formé de triangles, un système *isostatique*, c'est-à-dire calculable par la statique seule mais bien un système *hyperstatique* dans lequel les déformations des diverses pièces réagissent les unes sur les autres, il en conclut que le treillis simple en N d'une poutre droite, composé de montants et de diagonales, comprend des barres surabondantes et propose la suppression des diagonales. En même temps, comme il utilise la raideur des assemblages, il les renforce et développe la tête et la base des montants verticaux qu'il implante sur les lisses par une base fortement élargie. La poutre est donc caractérisée par des évidements rectangulaires mais avec les angles très fortement arrondis dont les bords sont garnis de fortes nervures qui en font le tour et reçoit de son auteur le nom de poutre à arcades. Les poutres peuvent être à arcades simples ou à arcades superposées.

M. Vierendeel attribue à son système des avantages multiples qui rentrent dans quatre ordres : 1° l'ordre théorique ; 2° l'ordre technique; 3° l'ordre commercial et 4° l'ordre esthétique.

1° *Avantages théoriques.* — Ces avantages ressortent des considérations suivantes. La méthode de calcul est plus exacte parce que le calcul des poutres à arcades est basé uniquement sur les formules de la déformation que l'expérience démontre être pratiquement exactes, tant que la limite d'élasticité n'est pas dépassée ; de plus, les calculs exacts sont plus simples qu'avec les ponts en treillis, surtout si on a recours, pour ceux-ci, à l'hypothèse des nœuds articulés ; enfin les méthodes approchées sont très

expéditives et se prêtent tout à fait aux calculs courants. Les montants sont moins exposés au flambage ; si la voie est inférieure, ils ne travaillent qu'à l'extension ; si elle est supérieure, ils ne sont comprimés que d'efforts moindres que dans le cas du treillis. De plus, la forme des pièces est plus rationnelle en ce qu'elles sont toutes à double semelle et capables de résister à la flexion.

2° *Avantages techniques.* — Les poutres à arcades sont moins flexibles que les poutres à treillis et même à âme pleine ; l'effet des charges roulantes est donc moins accentué. Les brides et les montants se relient par une gradation douce qui est très favorable à la résistance au choc. La rouille a moins d'action, parce que la surface exposée à l'air est moindre que dans la poutre en treillis ; il y a moins de joints exposés à la pénétration de l'eau. Pour ces deux raisons, les ponts à arcades auront plus de durée. Le montage est plus facile et plus précis. On n'a pas à éprouver les difficultés du réglage des diagonales et les inégalités de travail qui surviennent si le réglage se fait mal ou ne se fait pas du tout. Le nombre des assemblages à faire sur le chantier est moins considérable, d'où simplification du montage et économie de temps.

3° *Avantages commerciaux.* — La poutre à arcades est plus légère. L'auteur estime que, pour un pont de 31,50 *m* de portée, comme celui de Tervueren, pouvant supporter une surcharge de 6 500 *kg* par mètre courant, la différence par rapport à un pont en treillis est de 16 0/0 pour les poutres seules et de 9 0/0 pour l'ensemble du tablier. Il croit d'ailleurs qu'on pourra sans inconvénient augmenter le taux de fatigue admissible pour la poutre à arcades quand l'expérience aura prononcé et arriver à une économie beaucoup plus grande.

Le prix par unité est moins considérable à cause de l'économie de montage. Le prix total montre une différence de 17 0/0 en faveur du pont à arcades et cette différence pourra plus tard atteindre 25 0/0 en comparaison avec un pont en treillis offrant le même degré de sécurité.

4° *Avantages esthétiques.* — Les ponts en treillis ont l'aspect aride, monotone et toujours maigre. L'arcade est plus agréable à la vue ; elle est d'une ligne plus heureuse et plus variée d'allure. C'est d'ailleurs une forme rationnelle en concordance avec les exigences de la stabilité.

Le pont établi à Tervueren a 31,50 *m* de portée d'axe en axe des appuis ; il a été construit comme s'il devait porter une voie de chemin de fer à la partie supérieure. Les deux poutres sont écartées de 3 *m* d'axe en axe et sont reliées par des contreventements à la partie supérieure et à la partie inférieure et par des diagonales placées dans des plans verticaux perpendiculaires à l'axe longitudinal du pont. Le métal employé est le fer.

Les poutres ont 3,55 *m* de hauteur et les semelles supérieure et inférieure 0,350 *m* de largeur. Les poutres présentent chacune neuf évidements de 2,50 *m* de hauteur et 3 *m* de largeur dont les côtés sont raccordés par des arcs de cercle de 0,725 *m* de rayon. La largeur des montants verticaux se trouve ainsi de 0,575 *m*.

Les âmes sont en tôle de 9 *mm* d'épaisseur, mais les évidements ont

leur pourtour garni de deux cornières de 100 × 100 × 10 et d'une tôle rivée sur elles de 0,320 *m* de largeur sur 12 1/2 *mm* d'épaisseur. De plus, dans la partie centrale, sur une longueur de 21 *m* cette tôle est renforcée par une autre superposée de 0,350 *m* sur 14 *mm* d'épaisseur.

Pour les épreuves, on a placé à la partie supérieure un plancher en bois de sapin, destiné à recevoir la surcharge ; ce plancher est posé sur des madriers placés de champ. Pendant la première épreuve, les poutres reposaient sur des appuis à rotule en fonte ; mais un accident étant arrivé à une de ces pièces, on les a remplacées, lors de la seconde épreuve, par des plats en acier, empilés les uns sur les autres et reposant sur les culées formées de blocs de ciment.

Le pont, tel qu'il a été essayé, pesait 67 504 *kg*, dont 32 922 pour les deux maitresses-poutres, 14 882 pour les entretoises-longrines et contreventement et 19 760 pour le plancher en bois de sapin humide.

On s'est servi, pendant les épreuves, de niveaux d'eau système Leneveu et de l'appareil enregistreur de flèches système Rabut, ainsi que des appareils Manet-Rabut pour mesurer l'intensité des efforts en un point déterminé d'une pièce.

Les essais ont été effectués au moyen de surcharge formée de gueuses et déchets de fonte. La première épreuve a consisté à charger le tablier pendant deux mois d'un poids équivalent à la surcharge qui a servi de base aux calculs, soit 4 700 *kg* par mètre courant de pont ; ce qui fait, avec le poids mort, 208 800 *kg*. La charge ayant été de 150 000 *kg* de fonte, on est, en réalité, arrivé à un total de 219 564 *kg*.

Commencé le 24 août, le chargement a été terminé le 7 septembre. L'épreuve s'est poursuivie jusqu'au 11 novembre où on a commencé à augmenter le chargement, mais une rupture dans un des sabots d'appui, survenue le 13 novembre, a mis fin à l'épreuve.

On avait, avant l'épreuve, observé une flèche moyenne de 13,55 *mm* et on a constaté que la température avait une assez grande influence sur cette flèche ; la variation journalière était de 1 à 2 *mm*. Après la surcharge, la flèche a atteint 35 *mm* et a augmenté graduellement pendant huit jours jusqu'à 39 *mm* ; elle a continué et, au bout d'un mois, elle atteignait 44 *mm*. Cette flèche éprouvait également, dans l'intervalle d'une journée, des variations très sensibles sous l'influence de la température.

La seconde épreuve, commencée le 21 novembre et terminée le 26, a consisté dans la repose de la surcharge de 150 000 *kg* et dans son augmentation successive jusqu'à rupture. Le 26 novembre, à 9 h. 20, les poutres portant une surcharge de 365 *t*, les grandes déformations commencent par le voilement de l'âme de la lisse inférieure d'une des grandes poutres et ceux des assemblages des montants dans les poutres aux panneaux voisins des appuis. Le chargement continuant, les déformations s'accentuent et, à 15 h. 25, une fente se manifeste dans l'assemblage supérieur de divers montants et la lisse inférieure se brise, dans les deux poutres, à l'assemblage d'un des montants. Le pont descend lentement et vient reposer sur les cales en bois disposées à cet effet. C'est cette rupture des lisses inférieures qui a provoqué la chute du pont, sous une surcharge de 404 000 *kg*.

Les déformations observées révèlent deux faits généraux : 1° la transformation des panneaux rectangulaires en parallélogrammes ; 2° la décroissance des déformations à partir des appuis jusqu'au milieu de la portée. La déformation des rectangles s'est opérée par l'ouverture de l'angle inférieur le plus rapproché et de l'angle supérieur le plus éloigné de l'appui voisin et par la fermeture des deux autres angles ; dans les angles aigus des parallélogrammes déformés, la compression de la matière a donné lieu à un voilement latéral et, dans les angles que la flexion de la poutre a ouverts, l'extension a donné lieu à des ruptures dans les âmes et les cornières de renforcement du pourtour des évidements ; mais, fait à remarquer, en aucun endroit la table saillante qui renforce le bord de l'évidement ne s'est rompue et nulle part son inspection ne montre qu'elle ait été soumise à une fatigue excessive.

Nous ne pouvons suivre le rapport dans la discussion des résultats obtenus et la comparaison des calculs et des essais, ce qui nous mènerait beaucoup trop loin. Il nous suffira de dire que ces essais ont montré l'utilité qu'il y aurait à apporter au type expérimenté diverses améliorations consistant principalement dans le renforcement des assemblages où les cassures se sont produites, dans celui des âmes des lisses où on a constaté des voilements, ces âmes n'ayant pas, d'ailleurs, une épaisseur suffisante et dans le renfoncement des abouts pour lequel on trouve un taux de cisaillement trop élevé.

Le rapport dont nous nous occupons passe ensuite à la comparaison du pont en arcade et du pont en treillis, et discute les avantages invoqués par M. Vierendeel, en faveur de son système et que nous avons rapportés plus haut. Il nous suffira de reproduire les conclusions auxquelles arrivent les auteurs.

Les expériences de Tervueren ne permettent pas de conclure à une exactitude plus grande de la théorie pour la poutre à arcades que pour la poutre en treillis et, en attendant des essais plus complets et plus précis, on peut admettre que le degré d'approximation est du même ordre dans les deux systèmes. Il convient donc d'adopter dans les calculs de la poutre à arcades les taux de fatigue usuels.

Dans ces conditions, la poutre à arcades ne pèse pas moins que la poutre en treillis. Elle est, au contraire, plus lourde pour les portées moyennes, sans que la différence soit, du reste, bien importante. Il semble que cette différence diminue quand la portée augmente.

En ce qui concerne le prix de revient, le témoignage de plusieurs constructeurs nous a permis d'établir que la main-d'œuvre est plus coûteuse dans le pont à arcades que dans le pont à treillis. L'écart des prix d'unité est assez faible ; il accentue l'infériorité, au point de vue commercial, du système de poutre proposé par M. Vierendeel, sans lui donner, d'ailleurs, un caractère bien grave.

Au point de vue esthétique, il est difficile d'émettre une opinion et le mieux est de s'en rapporter à l'appréciation de chacun.

La conclusion qui s'impose est donc la suivante : Dans l'état actuel de la question, la poutre à arcades est, d'une manière générale, un système sensiblement équivalent à la poutre en treillis. De cette conclusion découle nécessairement cette conséquence : c'est que la poutre à arcades

peut, moyennant certaines améliorations de détails qui ont été indiquées précédemment, être admise dans les constructions nouvelles. Ce n'est, d'ailleurs, que par la mise en service d'un pont de ce système que l'on pourra être fixé sur sa résistance aux effets dynamiques et sur sa durabilité.

Nous devons ajouter que la Société vient de recevoir de M. Vierendeel une brochure consacrée à l'examen du rapport dont nous nous sommes occupés et à la réfutation de la plupart des conclusions qui y sont données.

L'auteur relève notamment un des points de ces conclusions, celui par lequel les rapporteurs admettent l'équivalence entre la poutre non triangulée (arcades) et la poutre triangulée (treillis). L'admission de cette équivalence renverserait entièrement, d'après lui, les deux principes fondamentaux de la construction des ponts en treillis à nœuds rigides, savoir : le principe de la triangulation et le principe du concours en un même centre des axes des barres aboutissant en un même nœud.

La note suit pas à pas le rapport et en discute les appréciations ; nous ne pouvons la suivre dans cette marche et nous devons nous contenter d'indiquer les conclusions finales de l'auteur.

Celui-ci pense qu'après avoir pesé les arguments fournis par lui, les rapporteurs modifieront leur opinion et admettront que les expériences de Tervueren permettent de conclure à une exactitude plus grande de la théorie pour le pont à arcades que pour le pont en treillis et que la résistance double montrée pour le premier comparé au second permet d'adopter pour son calcul un taux de fatigue sensiblement plus élevé que celui en usage pour les ponts en treillis sans diminution de la sécurité.

En effet, les ponts hollandais sont calculés à 6,5 *kg*, celui de Wolhusen l'était à 7 et tous ont montré une résistance moitié moindre que celui de Tervueren calculé à 7,6 *kg* : il n'y a donc aucun motif de diminuer le taux de fatigue admis pour celui-ci, d'autant plus que son élasticité s'est montrée parfaite et que sa limite d'élasticité ne s'est pas produite prématurément, c'est-à-dire pas avant le moment indiqué par le calcul.

L'auteur pense qu'il résulte parfaitement de tout ce qui précède que le type à arcades est plus économique comme poids et comme prix aux 100 *kg*, que le type en treillis, et finalement que le premier, au lieu d'être simplement l'équivalent du système en treillis, lui est très supérieur au triple point de vue théorique, pratique et commercial.

Le paquebot belge *Princesse-Clémentine*. — Nous avons donné dans nos chroniques de juillet, août et septembre 1894, des détails sur le paquebot *Marie-Henriette* de la ligne d'Ostende à Douvres. Nous trouvons dans une notice sur cette remarquable ligne de navigation, faite par M. A. Dubois, administrateur des chemins de fer de l'État belge et publiées dans les *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand* des renseignements intéressants sur le dernier paquebot construit pour cette même ligne et provenant aussi des chantiers Cockerill.

Comme proportions et aspect extérieur, ce bateau est identique à la *Marie-Henriette*.

Nous donnons ici les dimensions principales :

Longueur extrême de ête en tête	107,90 *m*
Longueur entre perpendiculaires	103,63
Largeur au fort hors membrures	11,59
Largeur en dehors des tambours	23,85
Creux sur quille jusqu'au pont principal	4,57
Tirant d'eau maximum	2,85
Tonnage brut	1 540 *t*
Tonnage net	840

Le bateau est entièrement construit en acier doux ; il est divisé sur sa longueur en douze compartiments par des cloisons étanches, de telle façon qu'en cas d'abordage l'un quelconque de ses compartiments puisse être envahi par l'eau sans que la sécurité du navire se trouve compromise. Le bateau est muni de deux gouvernails. Il comporte trois ponts complets et de plus une vaste passerelle de commandement aménagée pour recevoir des passagers. C'est là une heureuse innovation qui affectera à l'usage des voyageurs, pendant les beaux jours de l'été où l'encombrement est parfois très grand, deux ponts-promenades au lieu d'un, sur lesquels six à sept cents passagers pourront commodément s'installer.

Les machines de la *Princesse-Clémentine* sont du type compound à deux cylindres inclinés placés l'un à côté de l'autre et dont les diamètres sont respectivement 1,524 et 2,743 *m* avec 2,135 *m* de course. Ce sont les mêmes dimensions que pour ceux de la *Marie-Henriette*. Les roues sont également semblables. Elles ont 6,81 *m* de diamètre hors palettes avec 9 palettes, celles-ci sont articulées.

La vapeur est fournie à la pression de 8,5 *kg* par 2 chaudières cylindriques tubulaires à retour de flammes, munies de tubes Serve et fonctionnant par tirage forcé en chaufferies closes. Chacune de ces chaudières a un diamètre moyen de 4,06 *m* et contient trois foyers ondulés du système Fox. L'appareil évaporatoire diffère de celui du paquebot précédent par la pression qui est de 8,5 au lieu de 8 *kg*, et par l'emploi des tubes Serve qui ont permis de porter la surface de chauffe totale à 1 896 m^2 au lieu de 1 316.

Indépendamment de la machine principale qui peut développer une puissance de près de 9 000 *ch* indiqués, il y a 16 moteurs auxiliaires à vapeur servant à actionner les pompes diverses, les ventilateurs, les dynamos, ainsi que les deux gouvernails à vapeur placés l'un à l'avant et l'autre à l'arrière, dont le navire a été muni pour la facilité des manœuvres.

Voici quelques détails relatifs aux installations. Le milieu du premier pont-promenade est occupé par un vaste rouffle qui contient 12 cabines particulières, un fumoir et un appartement de luxe complet.

La décoration de chacun de ces locaux est traitée avec la plus grande richesse, de même que le restaurant et le boudoir des dames, de première classe, situés sur l'arrière du main-deck. Chacun de ces compartiments mérite une description sommaire spéciale, tant au point de vue

du style et de la décoration qu'à celui des œuvres d'art qui en font l'ornement et dont la liste complète serait trop longue.

Le grand salon de luxe situé dans la partie arrière du rouffle du pont-promenade est traité dans le style Louis XVI, les parois sont divisées en panneaux ornés de moulures en bois sculpté, peint et décoré ; elles sont garnies de deux grandes glaces et de quatre panneaux en tapisserie des Gobelins représentant les châteaux de Faulx, de Gaesbeek, de Celles et de Vorselaer. La claire-voie du plafond est décorée d'un superbe vitrail peint. Les fenêtres et les portes sont garnies de rideaux en soie bordés de riches passementeries ; l'ameublement est également très luxueux et le tout est éclairé à profusion au moyen de lampes électriques soutenues par des appliques en métal doré.

Deux cabines de luxe sont adjacentes au grand salon ; elles sont, comme ce dernier, du style Louis XVI et elles ne lui cèdent en rien comme richesse de décoration. Elles communiquent entre elles et avec le salon par des portes ornées de vitraux artistiques.

En avant de ces appartements somptueux se trouve le fumoir dont les parois sont en acajou d'Afrique et divisées en panneaux dans lesquels sont encastrés sept tableaux peints à l'huile représentant des vues et des monuments du pays : La Maison du Roi à Bruxelles, le panorama de Liège, des vues de Spa, de Bouillon, etc. Le plafond est disposé en caissons dont le fond est composé de toiles décorées peintes à la main et encadrées d'un barrotage en acajou.

Les cabines spéciales du pont-promenade sont au nombre de 12, dont 4 petites et 8 grandes. Chacune de ces dernières est décorée d'aquarelles qui produisent un effet des plus artistiques. Elles sont dues au pinceau d'un des meilleurs artistes belges et elles représentent les principaux sites ou monuments de la Belgique : les ruines de l'Abbaye de Villers, le Promenoir de l'Escaut à Anvers, le rocher Bayard à Dinant, le château de Walzin sur la Lesse, la Cascade de Coo, etc.

Le restaurant est une vaste salle de 20 *m* de longueur occupant toute la largeur disponible de l'arrière du navire ; 112 personnes peuvent y prendre place à la fois. La partie centrale du fond est occupée par une magnifique cheminée en marbre rouge rehaussée de garnitures en bronze ciselé. Cette cheminée est surmontée d'une glace biseautée et garnie de trois bronzes artistiques. Un office avec buffet se trouve dressé devant la cloison avant. La décoration est traitée en style Renaissance française du XVI^e^ siècle, dit François I^er^.

Au-dessus des banquettes latérales règne une galerie à fond vertical composée d'une suite d'arcades supportées par des colonnes en noyer d'Italie poli et sculpté. Les panneaux entre les hublots sont alternativement ornés de glaces biseautées et de médaillons jumeaux en imitation d'émaux de Limoges.

Ces médaillons représentent les traits de 24 personnages célèbres de l'époque de François I^er^. Parmi eux, Charles-Quint, Marguerite d'Autriche, Christophe Colomb, Magellan, Michel-Ange, le Titien, Raphaël, etc., représentés d'après des documents authentiques et entourés d'attributs allégoriques.

Quant aux glaces biseautées, au nombre de quatre de chaque bord.

elles sont précédées d'un motif architectural supportant un vase en imitation de vieil argent destiné à recevoir des plantes décoratives. L'effet de cette magnifique disposition des parois en forme de triptyque est surtout féerique la nuit lorsque les globes des lampes électriques disposées devant les glaces viennent s'y refléter en même temps que les corbeilles de fleurs. Le plafond est subdivisé en caissons dont les panneaux sont décorés à la main.

Immédiatement à l'avant du restaurant se trouve le boudoir de première classe pour dames, grande cabine carrée, meublée avec un goût exquis et constituant une petite merveille, grâce aux tons délicats de ses boiseries sculptées et à ses panneaux de satin, encadrant des médaillons où se jouent des amours. En outre, la salle, meublée de canapés et de sofas garnis de velours chatoyants, est largement éclairée au moyen de huit grandes fenêtres et d'une claire-voie garnie de vitraux. Les portes doubles conduisant vers l'extérieur sont dissimulées par des portières en damas de soie. Enfin, la cheminée en bois poli est ornée d'un beau bronze doré et garnie d'un décor de foyer avec lampes multicolores à incandescence.

La décoration et l'ameublement des autres locaux, quoique moins luxueux, sont cependant en rapport avec la richesse déployée dans les salons spéciaux ; tous sont chauffés à la vapeur et l'éclairage général du navire est assuré au moyen de 248 lampes à incandescence.

Les essais de la *Princesse-Clémentine* ont été faits au mois de mai 1897 ; ils ont eu lieu, comme pour les précédents paquebots de l'État belge, sur la Clyde et ont consisté en quatre parcours successifs entre les phares de Cloch et Cumbrac, sur une distance de 25 309 *m*, dont deux avec courant favorable et deux avec courant défavorable. La vitesse réalisée a été de 22,19 nœuds alors que pour la *Marie-Henriette* on avait obtenu 22,20 nœuds, mais on a admis que les essais de vitesse de la *Princesse-Clémentine* auraient incontestablement fait constater une vitesse supérieure à celle de l'autre paquebot, s'ils n'avaient été contrariés par des circonstances de temps défavorables. En effet, les coques étant sensiblement identiques, l'appareil moteur du dernier bateau a développé une puissance de 9 200 *ch* notablement supérieure à celle de la *Marie-Henriette*. La vitesse contractuelle était de 21,75 nœuds et la prime par nœud en plus de 222 250 *f*, les fractions de nœud étant comptées au prorata, le navire pouvant d'ailleurs être refusé au cas où la vitesse obtenue n'aurait pas atteint 21,25 nœuds.

Le chauffage au coke. — Nous trouvons, dans le *Journal of the Iron and Steel Institute*, l'analyse d'une brochure publiée, en 1897, à Gelsenkirchen, par Oscar Sinnersbach, et qui traite d'une question qui présente un grand intérêt d'actualité.

L'inconvénient de la fumée dans les villes devient de plus en plus grave ; on n'a encore trouvé aucun moyen pratique pour y remédier ; les appareils fumivores, le lavage de la fumée ne se sont pas montrés pratique, l'emploi du combustible pulvérulent, sur lequel on avait fondé de grandes espérances, présente de sérieuses difficultés pour la préparation et la conservation de la matière. Le chauffage au coke paraît à

l'auteur être la seule solution. D'après lui, ce mode de chauffage présente les avantages suivants comparativement à l'emploi de la houille: 1° Absence de fumée; 2° réduction des pertes de calorique, d'où économie, par la combustion plus complète; 3° moins d'action corrosive sur les grilles et plus grande durée de celles-ci; 4° absence de mâchefer; 5° suppression du danger de la combustion spontanée; 6° plus de facilité dans la conduite du feu; 7° absence de flamèches; 8° pas de détérioration du combustible à l'air; 9° plus grande puissance de vaporisation; 10° vaporisation plus uniforme; 11° économie en argent.

Cette brochure contient également des documents statistiques assez curieux, relativement à la fabrication et à l'emploi du coke. La première statistique remonte à 1844; les chemins de fer de l'État prussien consommèrent, durant cette année, 24 940 *t* de coke; dix ans plus tard, la consommation s'élevait à 182 000 *t* et atteignait son maximum, en 1858, avec 256 000. L'année suivante, on commença à mélanger de la houille avec le coke, d'où une diminution de 20 000 *t* dans la quantité de ce dernier. A partir de 1860, on renonça à l'emploi du coke. La raison principale qui provoqua cette détermination était la médiocre qualité du coke à cette époque; cette raison n'existe plus actuellement, on fait presque partout du bon coke.

Dans le district de Dortmund, on faisait: en 1850, 73 000 *t* de coke; en 1860, 197 500; en 1870, 341 000; en 1880, 2 280 000; en 1890, 4 187 009; en 1895, 5 562 000 et, en 1896, 6 265 000 *t*. L'augmentation a donc été, de 1850 à 1896, en 46 ans, de 1 à 86.

Voici quelle a été la production du coke, en 1894, dans les divers centres de production en Allemagne :

Westphalie.	5 398 612 *t*
Haute Silésie.	1 121 587
Bassin de la Saare . . .	695 045
Basse Silésie.	415 963
Bassin d'Aix-la-Chapelle.	207 098
Saxe.	78 600
Obernkirchen.	24 486
TOTAL.	7 941 391 *t*

La production totale du coke dans l'empire allemand a été successivement :

En 1890, de	6 411 000 *t*
1891, de	6 712 000
1892, de	6 843 000
1893, de	7 099 000
1894, de	7 941 000

La brochure dont nous nous occupons est évidemment inspirée par les intérêts des fabricants de coke et a une tendance très naturelle à exagérer les avantages de ce combustible en laissant de côté certains inconvénients, tel que le faible poids spécifique, la nécessité de modifier les foyers, etc.; néanmoins, la question a une importance réelle en présence de l'invasion croissante de la fumée dans les villes. Nous

devons rappeler que nous avons cité, dans le *Bulletin* de décembre 1897, page 953, les essais faits à l'usine électrique du secteur Clichy par notre Collègue, M. Lalance. Le coke n'a pas donné de bons résultats dans ces essais, surtout à cause de l'inégalité de qualité; ce défaut ne paraît pas irrémédiable.

Moteurs à marée. — Nous trouvons, dans l'*Engineering News*, les renseignements très sommaires qui suivent sur un moteur à marée qui aurait été établi et fonctionnerait avec succès à Potencia, localité située sur la côte de Californie, à 18 milles de la ville de Los Angelos.

On a construit une jetée en charpente de 8 *m* de largeur et de 107 *m* de longueur, s'étendant jusqu'au point où la mer a une profondeur suffisante, et on a installé à l'extrémité trois moteurs formés de flotteurs montant et descendant avec le niveau de la mer; leur déplacement se communique à des pistons contenus dans de longs corps de pompes qui refoulent l'eau dans des réservoirs à haute pression. Cette eau agit sur les aubes d'une roue Pelton actionnant une dynamo.

Pendant des essais qui ont duré 16 jours consécutifs, pendant lesquels la mer a passé par tous les intervalles entre le calme et la tempête et le nombre des vagues de 3 à 8 par minute, les flotteurs ont développé un travail variant de 2,3 à 3,5 *ch* chacun, mesuré sur l'axe de la roue hydraulique.

Si on suppose que les flotteurs seront établis pour un travail de 5 *ch*, on trouve qu'une installation de 1 000 *ch*, y compris la partie électrique et les conducteurs jusqu'à Los Angelos, ne coûtera pas plus de 920 *f* par cheval. On devra tenir compte, dans le prix de revient, de la force motrice, des réparations et de l'assurance contre la destruction des moteurs par les tempêtes.

Les détails donnés ci-dessus sont insuffisants pour qu'on puisse se faire une idée bien nette des dispositions pratiques du système. L'emploi combiné de moteurs, de pompes, de réservoirs, de roues hydrauliques et de dynamos semble conduire à de grandes complications et à des superpositions de rendements qui ne doivent laisser qu'un effet utile final assez modéré.

S'il s'agit réellement, comme le titre de l'article l'indique (1), d'un moteur à marée, c'est-à-dire constitué par un flotteur montant et descendant suivant les changements périodiques du niveau de la mer, faisant par conséquent deux ascensions et deux descentes par 24 heures environ, il est facile de voir que le volume déplacé par ce flotteur sera pour un cheval et un mètre de déplacement vertical de $\frac{270\,000}{4} = 67{,}5\ mc.$

(1) La note contenue dans l'*Engineering News* du 24 mars dernier, page 199, a, en effet, pour titre *Tidal Motor Plant*, c'est-à-dire Installation de moteurs à marée. Mais, depuis que notre article était composé, nous avons trouvé dans d'autres journaux américains des indications d'après lesquelles on pourrait supposer que le moteur en question agirait plutôt par l'action sur les flotteurs des dénivellations produites par les vagues. S'il en était réellement ainsi, les considérations que nous avons développées à la fin de l'article ne s'appliqueraient pas dans l'espèce. Nous les avons, néanmoins, laisser subsister pour bien préciser les difficultés qui s'attachent à la réalisation d'un moteur à marée pour lequel des inventeurs cherchent encore tous les jours des solutions.

Si on suppose une différence moyenne de 5 *m* entre les niveaux des hautes et basses mers, ce qui est peut-être déjà beaucoup, on aura une ascension ou descente moyenne de $\frac{5}{6} = 0{,}833$ *m* par heure et le volume sera de $\frac{67{,}5}{0{,}833} = 81$ *mc* par cheval et 81 × 5 = 405 *mc* pour 5 *ch*. Un tel flotteur aurait, par exemple, 8 *m* de diamètre et 8 *m* de hauteur ou longueur ; mais, si on tient compte du rendement de l'ensemble qui ne devra probablement pas dépasser 50 0/0, ce volume devrait être doublé. Or, 200 flotteurs semblables, avec les accessoires, les jetées, etc., constitueront une installation bien considérable. Un appareil de ce genre a pu être établi sur une petite échelle et à titre d'essai ; mais il paraîtrait bien aventureux d'en étendre l'emploi à des forces comme celle qui a été indiquée plus haut. On sait d'ailleurs que, jusqu'ici, sauf dans des cas particuliers et pour des forces infimes, le problème de l'utilisation de la puissance des marées n'a pas reçu de solution et, à moins de découverte imprévue, il est à craindre que cette situation ne se modifie pas de longtemps.

Emballage du coton. — Un rapport du Consul des États-Unis à Liverpool donne des détails sur des expériences faites dans ce port sur la résistance au feu des balles de coton de diverses formes.

On a placé l'une à côté de l'autre deux balles de coton, l'une de forme carrée, l'autre cylindrique, on y a mis le feu et on les a laissé brûler une demi-heure. La balle carrée pesait primitivement 186 *kg*, on a constaté après la combustion une perte de 67,5 *kg*, soit 36,3 0/0. La balle cylindrique pesait 228 *kg*, la perte a été de 50,5, soit 22,2 0/0; mais il est juste de tenir compte de ce que les balles n'ayant pas le même poids, la comparaison n'est pas absolument probante.

La balle cylindrique avait un poids spécifique de 570 *kg* au mètre cube, la balle carrée de 405 seulement. Les balles de coton d'Égypte et du Brésil ont un poids spécifique de 720 *kg* au mètre cube et se comportent beaucoup mieux contre les avaries que les balles de coton des États-Unis qui sont pourtant comprimées à la même pression. L'explication de ce fait est très simple. Les balles américaines ne sont pas suffisamment cerclées et, une fois la compression terminée et la balle cerclée, le coton se renfle entre les cercles et cette dilatation amène une absorption d'air, de sorte que la balle devient une sorte d'éponge à oxygène qui se prête très bien à la combustion.

Les balles de coton d'Égypte ont généralement cinq cercles d'acier de plus que les balles américaines, et n'éprouvent pas le même effet.

Ces différences dans les soins apportés à l'emballage, tiennent à ce que au Brésil et en Égypte les gens qui font cette opération sont intéressés à la réduction des dépenses de fret et d'assurances, tandis qu'ils ne le sont pas aux États-Unis.

On fait cependant des objections à l'emploi des balles cylindriques ; il y a un certain espace perdu entre les balles, inconvénient en partie compensé par le poids spécifique plus élevé, et les interstices entre les balles peuvent faciliter et activer la combustion en cas d'incendie.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MARS 1898.

Notice nécrologique sur M. Alexandre Joly, par M. TROOST.

Rapport de M. HIRSCH sur **les inventions de M. Bonjour.**

Le rapporteur rappelle les diverses inventions de M. Bonjour qui figuraient à l'Exposition universelle de 1889, notamment un distributeur à deux tiroirs superposés actionnés par un excentrique unique dont le collier pouvait recevoir diverses orientations sous l'action du régulateur, et une autre dans laquelle la détente était obtenue par un tiroir cylindrique actionné par un piston à vapeur recevant la pression par l'effet d'une distribution très légère commandée par un régulateur de grande sensibilité.

L'auteur n'a pas cessé depuis de s'occuper de perfectionnements aux distributions des machines à vapeur, notamment dans un ordre d'idées tout particulier, l'emploi d'un liquide pour remplacer les pièces solides actionnant les tiroirs et cela sous deux formes : 1° un déclenchement hydraulique substitué au déclic Sulzer ou Corliss, et 2° un système de transmission hydraulique tenant lieu des bielles, coulisses et autres organes mécaniques ordinairement employés pour actionner les distributeurs.

Le déclenchement hydraulique comporte une bielle en deux parties, dont l'une se termine par un cylindre creux, l'autre par un piston pénétrant dans ce cylindre contenant un liquide, le fond du cylindre porte une ouverture garnie d'un robinet; on conçoit que, l'ouverture de ce robinet dépendant du régulateur, le mouvement brusque du piston dans le cylindre opère un effet analogue à celle du déclenchement avec touches métalliques.

Ces dispositions sont appliquées sur un certain nombre de puissantes machines construites, pour la plupart, par la maison Van den Kerkhove, à Gand.

La transmission hydraulique appliquée à la commande des distributeurs a pour objet de remplacer les organes multiples qu'on emploie actuellement par de simples tuyaux. A cet effet, un excentrique monté sur l'arbre actionne une pompe dite génératrice qui envoie l'eau dans des cylindres dont les pistons actionnent les tiroirs. Des dispositions spéciales très ingénieuses sont employées pour parer aux effets des fuites et des dilatations. Comme il y a, en général, dans les machines, plusieurs cylindres, il y a autant de pompes que de cylindres et les premières sont disposées en éventail autour de l'arbre et commandées par un excentrique unique, les angles qu'elles font correspondant aux angles de calage des manivelles.

Cette disposition a été employée à titre d'essai sur la machine compound à deux cylindres du bateau-citerne de l'Etat l'*Ondine :* elle paraît avoir complètement réussi. L'allure a atteint 160 tours par minute et, malgré la grande vitesse atteinte par instants par la colonne hydraulique, les mouvements sont réguliers et s'accomplissent avec douceur.

Il est possible de combiner cette disposition de la transmission hydraulique avec celle du déclenchement hydraulique pour modifier la distribution en réduisant par exemple la compression et les avances qui deviennent excessives aux faibles admissions avec le tiroir simple et l'excentrique circulaire.

Recherches sur les aciers au nickel, par M. C. E. Guillaume.

L'auteur a étudié un certain nombre d'alliages d'acier et de nickel ou d'acier, de nickel et de chrome. Il fait observer qu'on n'a pas pu jusqu'ici obtenir de bons alliages d'acier et de nickel en toutes proportions, aussi a-t-il dû renoncer, dans ses recherches, à dépasser la teneur de 50 0/0 de nickel au delà de laquelle les barres offrent des difficultés au forgeage et au laminage.

Le mémoire étudie successivement les dilatations pour lesquelles on s'est servi du comparateur du Bureau international des poids et mesures, les alliages irréversibles et les alliages réversibles, la densité et l'élasticité, les déformations permanentes, la résistance électrique. Il examine une application spéciale des alliages les moins dilatables, celle aux pendules des horloges qui donne une solution très simple et très bonne du problème.

Les recherches dont nous venons de parler sont d'ailleurs loin d'être achevées. Il reste beaucoup de questions à résoudre pour éclaircir la théorie des aciers au nickel et l'auteur fait observer que les plus importantes applications de ces aciers sont fondées sur une sorte d'instabilité de ces alliages, propriété qui, en bonne logique, devrait être considérée comme leur plus grave défaut.

Compte rendu des **progrès réalisés dans l'industrie des huiles essentielles et des parfums**, par M. A. Haller (*fin*).

Revue des **perfectionnements apportés aux machines agricoles**, par M. Max Ringelmann.

Cette revue comprend les machines motrices, notamment les moteurs à pétrole et l'auteur insiste de nouveau sur l'impossibilité de l'utilisation de l'alcool pour ces moteurs (1), les moulins à vent et les manèges à plan incliné. Elle traite ensuite des machines destinées à la préparation des récoltes en vue de la vente ou de la consommation, machines à battre, à trier et nettoyer les grains, concasseurs, presses à fourrages, broyeurs pour brindilles, appareils qui ont excité un certain intérêt dans ces dernières années, lorsque des sécheresses exceptionnelles ont fait songer à remplacer les fourrages devenus rares par des ramilles et branchettes broyées. Une fabrique de ramilles broyées et fermentées par

(1) Voir Chronique de janvier 1898, page 117.

l'addition de malt de bière avait été installée à Montgeron ; elle comprenait un broyeur actionné par un moteur à pétrole de 6 chevaux. La note donne encore quelques détails sur les appareils servant à la cuisson des aliments du bétail ; on emploie actuellement des appareils utilisant la vapeur sans pression produite dans une chaudière spéciale indépendante du cuiseur.

Recherches sur les **propriétés magnétiques des aciers au nickel**, par M. E. Dumont (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

L'auteur a déterminé la perméabilité magnétique pour 12 alliages ; il est arrivé à la conclusion que cette perméabilité, pour les alliages contenant de 27 à 44 0/0 de nickel, augmente avec la proportion de nickel ; il s'agit ici des alliages recuits.

Notes de mécanique.

On trouve d'abord dans ces notes la description de quelques appareils fumivores américains, qui consistent pour la plupart en des grilles mécaniques ; il y a aussi, notamment, quelques appareils formés de grilles sans fin à mouvement continu, du genre de l'ancienne grille Tailfer.

On trouve ensuite la description de la machine de Levedahl à garnir les roues de vélocipèdes à jante de bois qui découpe des œillets dans une bande d'acier continu et les sertit automatiquement dans la jante ; une note de M. Mesnager, sur l'essai d'une théorie de la déformation des métaux ; une note de M. Ch. Devé, sur des lunettes autocollimatrices à longue portée et un vérificateur optique des lignes et surfaces de machines, et enfin une note sur la liquéfaction de l'air par les machines Linde, cette dernière reproduite du *Journal of the Society of Arts*.

On y trouve des renseignements très curieux sur les propriétés de l'air liquide que ce procédé permet d'obtenir en quantités assez grandes. Un fait intéressant notamment est que, lorsque l'air liquéfié se vaporise, l'azote dont le point d'ébullition est de 13° plus bas que celui de l'oxygène se vaporise d'abord et il en résulte que le liquide restant devient de plus en plus riche en oxygène ; ainsi, en laissant vaporiser les quatre cinquièmes, le cinquième restant contient parties égales d'azote et d'oxygène au lieu de la proportion qui existe dans l'air gazeux. M. Linde construit actuellement, pour les usines Rhenania, d'Aix-la-Chapelle une machine de 150 *ch* qui devra produire 50 *l* d'air liquéfié par heure pour la fabrication du chlore au procédé Deacon.

Une autre application intéressante est la conversion en un explosif puissant par l'addition de liquide à 40 ou 50 0/0 d'oxygène de charbon de bois. Cet explosif doit se préparer sur place, car il ne se conserve pas plus d'une dizaine de minutes dans des cartouches en carton ; mais il est aussi puissant que la dynamite.

Dans l'air liquéfié, le mercure devient malléable et le fer fragile à se briser avec les doigts. L'air liquide est, en raison des propriétés magnétiques de l'oxygène, attiré par l'aimant comme le fer.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

4e TRIMESTRE DE 1897 *(suite)*.

Précision et rendement des appareils optiques des phares, par M. RIBIÈRE, Ingénieur en chef du service des Phares et Balises.

L'introduction pour l'éclairage des phares de sources lumineuses de faibles dimensions et d'un très vif éclat donne un intérêt spécial aux questions de précision et de rendement des appareils optiques. L'objet de cette note est d'étudier : 1° la précision théorique du tracé usuel des appareils, causes et importance des erreurs et modes de vérification ; 2° le rendement théorique des divers éléments des appareils et les conséquences à en déduire pour la composition de ces appareils. La note se termine par l'exposé de diverses vérifications expérimentales faisant connaître l'influence effective de la composition des appareils et de leur précision sur le pouvoir lumineux. L'auteur conclut d'une manière générale qu'il ne paraît pas y avoir d'avantage marqué à modifier les profils des éléments entrant dans la composition des appareils optiques, mais que l'expérience démontre l'importance prédominante de la précision des optiques au point de vue de leur pouvoir lumineux. On peut ainsi espérer que les chiffres admis jusqu'ici pour la puissance des appareils de phares sont appelés à être très notablement dépassés, moyennant une fabrication et une vérification plus rigoureuses.

Note sur **le port de Sfax,** par M. BEZAULT, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le port de Sfax consiste en un bassin d'environ 10 *ha* auquel on accède par un canal de 22 *m* de largeur et de 3 *km* de longueur. Le bassin et le chenal sont creusés à 6,50 *m* au-dessous des plus basses mers. Sur les côtés nord-est et nord-ouest du bassin, sont établis des quais d'un développement de 600 *m*, creusés à 2,50 au-dessous des plus basses mers.

L'aménagement du port comporte des magasins de 2 000 m^2 de superficie, des voies ferrées de 2 000 *m* de développement et des voies empierrées ou pavées de 5 000 *m*. L'outillage comporte une mature flottante à vapeur de 20 *t*, des grues, bouées, amarrages, etc., et une petite cale de halage pour la mise à sec des bateaux de pêche.

La plus grande partie du creusement du bassin et du chenal, a été effectué par dragage avec déchargement dans des chalands ou sur la rive par refoulement dans une conduite flottante.

On s'est servi, pour la construction des quais, de blocs artificiels en béton dont le poids allait jusqu'à 27 *t*.

On a dragué 1 220 000 m^3 au prix moyen de 0,58 *f* le mètre cube. Les murs du quai sont revenus : celui du nord-est à 650 *f* le mètre linéaire et celui du nord-ouest, fondé plus profondément, à 1 000 *f*.

La dépense totale a été de 1 740 000 *f*.

Les travaux ont commencé effectivement en juin 1895 et ont été inaugurés le 24 avril 1897. Ils ont été exécutés sous la surveillance de la Direction des travaux publics par la Compagnie concessionnaire des ports de Sfax et de Sousse.

Notes sur **la construction d'un pont-route** sur le Doubs, à Verdun, par M. Labbaye, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce pont a 146 *m* de longueur totale et 6 *m* de largeur extérieure ; il est formé de trois arches en demi-ellipses de 41 *m* d'ouverture et 9,17 *m* de flèche pour l'arche centrale et de 38,50 et 8,52 *m* pour les arches de rive.

Le sol est formé d'une succession de couches de sables, graviers et marnes plastiques très compactes ; les piles ont été fondées à l'air comprimé et les culées sont établies sur des pieux dont la tête est noyée dans un massif de béton. Comme le sol offrait peu de consistance, on a allégé la construction au moyen de nombreux élégissements pratiqués sur les reins des voûtes, sur les piles et sur les culées. On a employé des matériaux économiques ; les couronnements seuls des culées et des avant-becs des piles, sont en pierre de taille. Le parapet est en briques.

La dépense totale s'est élevée à 205 600 *f*, dont 65 000 pour les fondations. Le pont revient, fondations comprises, à 1 337 *f* par mètre linéaire, 222 *f* par mètre superficiel en plan, entre parapets et 48,80 *f* par mètre cube de l'ouvrage. Les travaux ont été commencés en août 1895 ; ils ont été retardés par un accident survenu en septembre 1896, une crue du Doubs ayant entraîné des arbres dont un a enlevé une partie des cintres de l'arche centrale ; la circulation sur le pont a pu commencer le 22 mai 1897.

Remarques et expériences à l'occasion d'un **manque d'eau dans un générateur de vapeur**, par M. C. Walckenaer, Ingénieur des Mines, secrétaire de la Commission centrale des machines à vapeur.

Ce travail a déjà paru dans les *Annales des Mines* et nous en avons rendu compte dans le Bulletin de septembre 1897, page 405.

Sur **les chaussées de ponts en câbles d'aloès**, par M. Herrmann, Ingénieur des Ponts et chaussées.

Sur les ponts du port de Cette où la circulation journalière varie de 600 à 2 000 colliers, l'entretien des chaussées formées de plateaux en ormeau est très onéreux ; il atteint de 4,75 à 11 *f* par mètre carré et par an.

On a employé les câbles d'aloès et les résultats ont été très satisfaisants.

Ce sont de vieux câbles de mines coûtant, à pied d'œuvre, de 25 à 31 *f* les 100 *kg* ; leur épaisseur est de 35 à 50 *mm* et leur largeur moyenne de 0,22 *m* ; on les cloue sur le sous-platelage en chêne, transversalement à l'axe du pont, après les avoir goudronnés sur les deux faces ; les extrémités sont maintenues par un fer plat ou maintenues sous les longrines des trottoirs.

Le prix avec pose ressort à 22 *f* par mètre carré et, du printemps de 1894 à novembre 1897, on n'a constaté aucune trace d'usure, on peut donc espérer qu'ils dureront encore de longues années. Leur emploi paraît donc recommandable, surtout lorsque les circonstances locales permettent une réduction sensible du prix d'achat des câbles.

SOCIETÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mars 1898

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 5 Mars 1898

Communication de M. Lebreton sur **les applications de l'électricité dans les mines.**

L'auteur, après avoir indiqué que les applications de l'électricité dans les mines deviennent de plus en plus nombreuses, dit que le système de distribution le plus employé jusqu'ici est le système à courants continus qui convient tout particulièrement lorsque l'énergie électrique doit être transportée directement dans un rayon peu étendu, 2 kilomètres au plus et que la mine est peu ou point grisouteuse. On a ainsi un rendement plus élevé et des moteurs d'une grande souplesse pouvant répondre à tous les besoins.

La note rappelle ou précise quelques propriétés connues des moteurs et des distributeurs à courants continus, et donne les calculs d'établissement des transmissions pour une tension maxima de 550 watts qu'on ne doit pas dépasser pour les applications dans les mines.

Les propriétés des divers genres de moteurs sont indiquées, moteurs en série et moteurs shunt, ainsi que les précautions essentielles à prendre pour assurer l'efficacité et la sécurité, ainsi l'isolement parfait des câbles, l'installation des interrupteurs dans l'huile de pétrole et celle des moteurs dans des caisses métalliques étanches qui les préserve de la poussière et annule tout danger d'explosion ou d'incendie.

Les applications les plus fréquentes des moteurs électriques ont lieu jusqu'ici pour actionner les treuils, les pompes et les ventilateurs. Pour ces derniers, on doit recourir à un artifice parce qu'ils doivent, en général, pouvoir accélérer leur vitesse. Cet artifice consiste, soit dans l'emploi d'une transmission à courroie avec poulies donnant des vitesses différentes, soit dans celui de deux moteurs électriques lesquels seront groupés en série sur le réseau en cas de marche normale et en parallèle à une tension double si on veut doubler leur vitesse.

Avec l'électricité, on peut atteindre sans difficulté un rendement de 40 à 50 0/0, tandis qu'avec l'air comprimé il est difficile de dépasser 20.

DISTRICT DU NORD.

Réunions des 3 et 4 juillet 1898.

Ces réunions ont été consacrées à la visite de l'Exposition de Bruxelles, visite dont le compte rendu paraîtra plus tard. Il n'est donné ici que le texte des discours prononcés au banquet du 3 juillet.

Production houillère des bassins du Pas-de-Calais et du Nord en 1896 et 1897.

Le bassin du Pas-de-Calais a produit, en 1897, 12 806 000 *t* de houille, dont le bassin de Lens 2 700 000 et celui de Courrières 1 670 000. L'année précédente la production avait été de 11 870 000 *t*, soit 935 000 *t* ou 9 0/0 de moins.

Le bassin du Nord a produit en 1897 5 542 000 *t* sur lesquelles Anzin entre pour près de 3 millions et Aniche pour 1. L'année précédente la production avait été de 5 230 000 *t*, différence 313 000 *t* ou 6 0/0 en moins.

La production totale des deux bassins a donc été de 18 350 000 *t* en augmentation de 1 250 000 *t* ou 7,5 0/0 sur 1896.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 14. — *2 avril 1898.*

Nouveautés dans la fabrication et l'emploi des câbles pour transmissions et appareils de levage par K. Koller.

Aperçu sur la construction pratique des distributions à un seul excentrique pour machines marines, par Berling.

Grue de fonderie de 12 000 *kg* par Fr. Freytag.

Machines agricoles aux 10e et 11e Expositions de la Société allemande d'Agriculture, des 11 au 19 juin 1896 à Stuttgart et des 17 et 21 juin 1897, à Hambourg, par Grûndke *(fin)*.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Vaporisation et chauffage de l'eau.

N° 15. — *9 avril 1898.*

Ordre du jour de la 39e réunion générale de l'Association, à Chemnitz, en 1898.

Notice nécrologique sur Karl Leibbrand.

Armement des navires de guerre, par Neudock.

Aperçu sur la construction pratique des distributions à un seul excentrique pour machines marines, par Berling (*suite*).

Accident à la machine à vapeur de la Société par action pour le travail du coton Heingel et Kunstzer, à Widzew, près Lodz, par O. Meyerhoff.

Groupe de Wurtemberg. — Fréquentation du gymnase réal wurtembergeois et des écoles réales supérieures. — Installation de chauffages fumivores. — Notice nécrologique sur C. Ten-Brink.

Bibliographie. — Machines dynamos et moteurs à courants continus, par G. Schmidt.

N° 16. — *16 avril 1898.*

Théorie des ressorts, par Kirsch.

Grue Derrick de 100 *t* de la fabrique de machines de Duisburg.

Fours de fusion électriques, par C. Haussermann.

Détermination du profil et du travail des poutres en fer laminé pour des charges données par R. Land.

Groupe de Francfort. — Installation de déchargement pour ports maritimes et fluviaux.

Groupe de Hanovre. — Nouveau procédé pour la transformation des courants alternatifs en courants continus.

Groupe de Hesse. — Destruction et utilisation des détritus de viande et des cadavres d'animaux.

Bibliographie. — Manuel d'architecture. — Principe des calculs différentiel et intégral, par Fricke.

N° 17. — *23 avril 1898.*

Nouveaux chemins de fer à crémaillère, par E. Brückmann (*suite*).

Etude sur la loi de Bach, $\varepsilon = a\,o^m$ (théorie de la flexion), par L. Geussen.

Chaudières à vapeur et moteurs à l'Exposition industrielle Saxo-Thuringienne, à Leipzig, en 1897, par Fr. Freytag (*fin*).

Aperçu sur la construction pratique des distributions à un seul excentrique pour machines marines, par Berling (addition).

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Systèmes actuels de fours à coke avec récupération des sous-produits et système Neinhaus. — Utilisation des forces hydrauliques, dans le Val de Travers.

N° 18. — *30 avril 1898.*

Ordre du jour de la 39e réunien générale de l'Association, à Chemnitz, en 1898.

L'acétylène et son emploi dans l'éclairage, par K. Thomae.

Calcul des arbres à plusieurs coudes pour machines marines, par Berling.

Machines-outils pour la fabrication des vélocipèdes, par P. Möller (*fin*).

Groupe de Wurtemberg. — Télégraphie optique. — Les rayons Rœntgen.

Correspondance. — Lois générales de l'allongement élastique.

BIBLIOGRAPHIE

Les locomotives nouvelles, par M. P. GUEDON, Chef de dépôt principal de la traction mécanique à la Compagnie générale des Omnibus. — Paris, librairie industrielle J. Fritsch, éditeur, 30, rue Jacob.

Notre Collègue, M. P. Guedon, a bien voulu offrir à la bibliothèque de notre Société cet ouvrage qu'il vient de publier et nous désirons le présenter à nos lecteurs, comme nous avons fait du précédent ouvrage du même auteur, le *Manuel du mécanicien de chemins de fer* (1).

Cet ouvrage est, jusqu'à un certain point, un supplément au précédent, en ce que, s'adressant également plus particulièrement aux mécaniciens et aux chauffeurs, il se propose d'indiquer à ces agents les dispositions spéciales appliquées sur les derniers types de machines créées par les diverses Compagnies, avec les avantages qu'elles présentent et les résultats que donnent ces machines ou ces dispositions. Mais il constitue aussi un ouvrage indépendant, en ce qu'il traite, mais avec plus de détails, de la question générale de la locomotive.

L'auteur a jugé utile, et nous l'approuvons, de consacrer un avant-propos très développé à exposer dans ses grandes lignes la disposition des premières locomotives qui ont été construites et de montrer par quelles transformations successives elles ont passé pour arriver au degré de perfection et de puissance de la locomotive d'aujourd'hui; il a profité de cette revue rétrospective pour rappeler les grandes dates de l'histoire de la locomotive tant au point de vue des questions d'ordre général qu'à celui des améliorations de détail. Nous ne pouvons suivre pas à pas l'ouvrage dans cet exposé; pour faire comprendre l'ordre d'idées dans lequel est conçu cette partie, nous nous bornerons à citer presque au hasard un petit nombre de ces étapes principales : la locomotive de Trevithick de 1804, le concours de Liverpool en 1829, l'ouverture des premiers chemins de fer français, le concours du Semmering en 1850, la machine Crampton, la machine Engerth, l'injecteur Giffard, les freins continus, la locomotive compound, etc.

Après cet exposé préliminaire, l'ouvrage aborde l'étude détaillée de la locomotive et le premier chapitre s'occupe du travail de la vapeur dans les cylindres des locomotives, de l'utilisation et du rendement effectif de celles-ci et, comme conséquence naturelle, des moyens proposés ou essayés pour améliorer l'effet utile de ces machines. Au premier rang de ces moyens figurent, comme on sait, l'emploi des distributions perfectionnées et celui du système compound.

Le second chapitre est consacré à la distribution à tiroirs cylindriques du système Ricour avec laquelle l'auteur, en qualité d'ancien sous-chef

(1) Voir *Bulletin* de février 1897, p. 228.

de dépôt des chemins de fer de l'État, est spécialement familiarisé; il donne sur cette distribution les détails les plus complets au double point de vue de la construction et de l'entretien, et décrit les principales applications qui en ont été faites.

Le troisième chapitre, continuant l'étude des distributions perfectionnées, étudie les distributions à quatre tiroirs, celle de MM. Durand et Lencauchez, employée au Chemin de fer d'Orléans et bien connue des membres de notre Société par la description qui en a été faite dans nos Bulletins par les auteurs mêmes, et celle de M. Bonnefond employée au chemin de fer de l'État. Il est donné en même temps des détails circonstanciés sur les machines auxquelles ces distributions sont appliquées.

Le quatrième chapitre est consacré au système compound; il expose les avantages de ce système et passe en revue les différentes formes sous lesquelles il a été appliqué jusqu'ici aux locomotives : machines à deux, trois et quatre cylindres. On trouve dans cette partie la description détaillée des divers modèles de ce genre employés par les Compagnies françaises. Cette partie est complétée par les chapitres cinq et six qui traitent, le premier, des machines compound articulées, système Mallet; le second, des locomotives à quatre essieux couplés, système Woolf, du Chemin de fer du Nord.

Dans le chapitre septième, l'auteur s'occupe d'un certain nombre de locomotives récentes ne rentrant pas dans les catégories qui ont été étudiées précédemment, c'est-à-dire ne présentant pas de dispositions spéciales quant au moteur à vapeur proprement dit. On y trouve la description de trois types des Chemins de fer de l'Est, trois du Chemin de fer de l'Ouest, une du P.-L.-M., deux d'Orléans, une du Nord, des voitures automobiles Serpolet, des locomotives-tender pour trains légers des chemins de fer de l'État et de la locomotive articulée, système Hagans, construite par notre Collègue M. Weidknecht.

Le dernier chapitre est consacré aux locomotives électriques; on y trouve la description des types Heilmann, ancien et nouveau, et des considérations sur la traction électriqne.

L'ouvrage dont nous nous occupons se termine par un appendice contenant des renseignements de grand intérêt : une étude sur les caractères principaux des locomotives anglaises, la description d'une disposition proposée par l'auteur pour réduire les périodes de compression et d'échappement anticipé dans les locomotives à tiroirs cylindriques, le résumé de diverses expériences faites dans les Compagnies françaises pour élucider qnelques questions relatives au travail des locomotives, telles que vaporisation, résistance des trains, etc., enfin des documents sur les résultats d'exploitation des six grands réseaux et des chemins de fer de l'État pour l'année 1895.

L'ouvrage de M. Guedon, d'un format portatif et commode, est illustré de 271 figures et 16 planches qui contribuent efficacement à faciliter la compréhension des explications données dans le texte; le tout est d'ailleurs fort bien exécuté.

Nous pensons que ce nouvel ouvrage, non seulement complète d'une

manière très utile le livre précédent de l'auteur, mais encore constitue une source précieuse de renseignements sur l'état actuel de la machine locomotive. A ce titre, nous sommes heureux de le recommander à nos nombreux Collègues qui s'intéressent à cette question, laquelle est toujours, et peut-être plus que jamais, à l'ordre du jour, si on en juge par la quantité d'ouvrages qu'elle a fait surgir dans ces derniers temps.

Pour la Chronique, les Comptes Rendus et la Bibliographe :

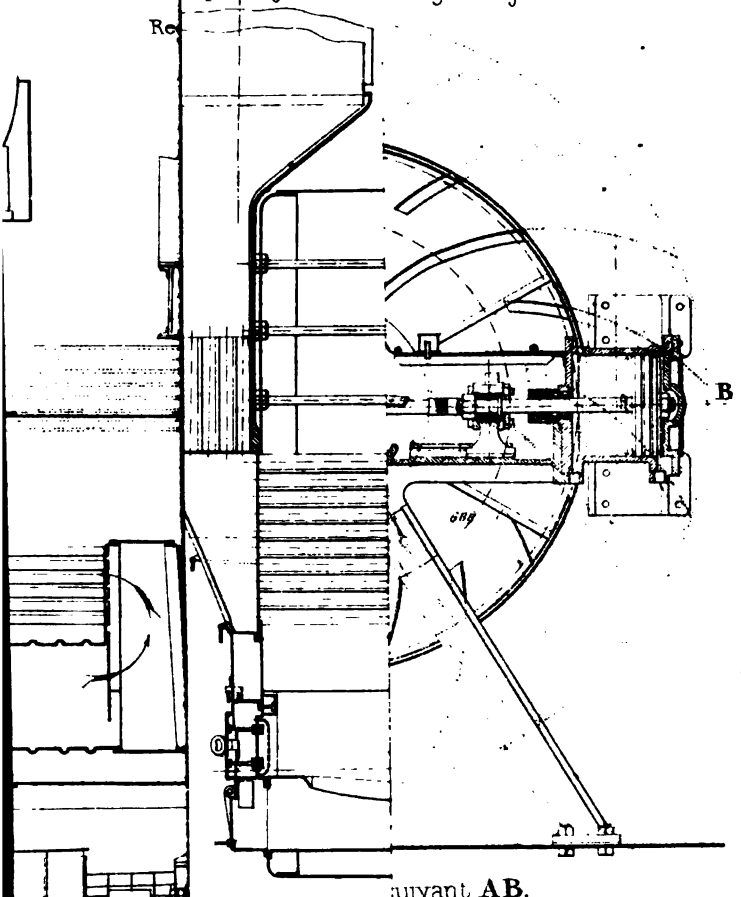
A. MALLET.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,

A. DE DAX.

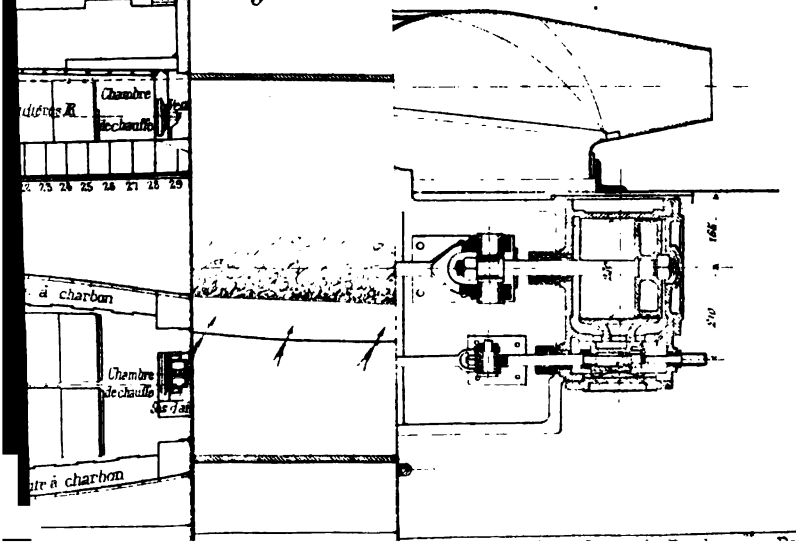
IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 8866-4-98. — (Encre Lorilleux).

Fig. 3 ... mois.
... aufferies
... oupe longitudmale ... e du grand cylindre



... suivant **AB.**

Fig. 7. Détail d...



manière très utile le livre précédent de l'auteur, mais encore constitue une source précieuse de renseignements sur l'état actuel de la machine locomotive. A ce titre, nous sommes heureux de le recommander à nos nombreux Collègues qui s'intéressent à cette question, laquelle est toujours, et peut-être plus que jamais, à l'ordre du jour, si on en juge par la quantité d'ouvrages qu'elle a fait surgir dans ces derniers temps.

Pour la Chronique, les Comptes Rendus et la Bibliographe :

A. MALLET.

Le Gerant, Secrétaire Administratif.

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 8866-4-98. — (Encre Lorilleux).

Fig 3

nois
aufferies

oupe longitudinale du grand cylindre

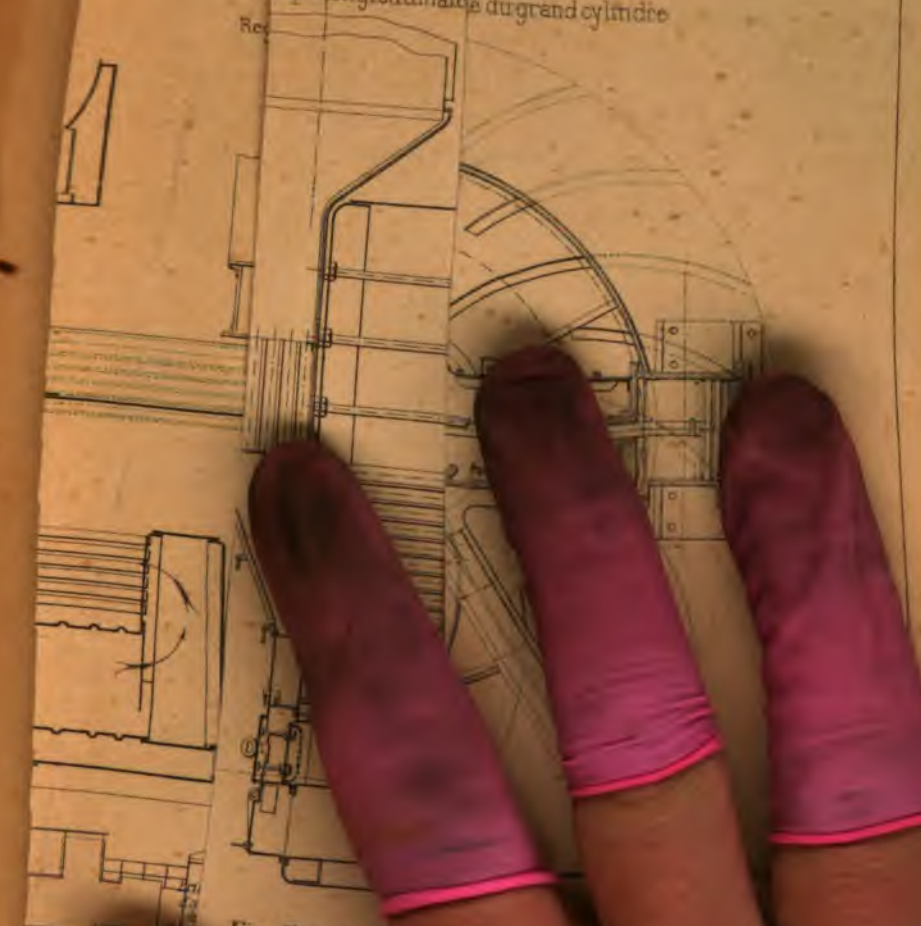


Fig. 7. Déta

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MAI 1898

N° 5.

ERRATUM

Par suite d'une erreur d'impression, le Bulletin de Mars finit à la page 404 et le Bulletin d'Avril reprend à la page 589.
Les pages 405 à 588 manquent donc dans le foliotage.

Sommaire des séances contenues dans le Bulletin de mai 1898 :

1° *Admissions :* Voir pages 757, 768 et 783 ;
comme membre honoraire de M. Alfred Picard (Séance du 6 mai), page 760;

2° *Cinquantenaire de la Société* (Programme du) (Séance du 20 mai), page 771 ;

3° *Conférence nationale des Sociétés d'habitations ouvrières, à Bruxelles*, les 15, 16 et 17 juillet 1898. — Délégué M. Cacheux (Séance du 20 mai), page 770;

4° *Congrès :* Deuxième Congrès de l'Association internationale pour la protection de la propriété individuelle, Londres, juin 1898. Délégués MM. Bert et Maunoury (Séance du 20 mai), page 770;

5° *id.* Quatrième Congrès annuel de la propriété bâtie en France, à Marseille, les 1er, 2, 3 et 4 juin 1898. — Délégué M. Génis (Séance du 20 mai), page 770;

6° *id.* Congrès pour l'unification des filetages, à Zurich, 1898. — Délégués MM. Kreutzberger, Baclé, G. Richard et nos correspondants de Suisse (Séance du 20 mai), page 770;

id. Troisième Congrès international de chimie appliquée, à Vienne, juillet 1898. — Délégués MM. Gallois, Derennes, Th. de Goldschmidt (Séance du 20 mai), page 771 ;

8° *Décès* de MM. Hély d'Oissel, A. Bauquel, F. Loisel, J. Lejeune, de Borodine, H. Schneider, A. Agnès, Ch. L. Décé (Séances des 6 et 20 mai), pages 759 et 769;

9° *Décorations* (Séance du 6 mai), page 760;

10° *Don de la collection des Brevets d'invention, fait à la Société par la famille de M. Ch. de Comberousse, ancien Président* (Séance du 6 mai), page 760;

11° *Don de 50 francs, fait à la Société par M. Belelubsky* (Séance du 20 mai), page 770;

12° *Durcissement de la pierre calcaire et des enduits à base de chaux* (Procédé de) par M. A. Lencauchez et observations de M. Auguste Moreau (Séance du 20 mai), p. 773;

13° *Eaux artésiennes de l'Oued Rir' et du Bas-Sahara* (l'alimentation des) par M. G. Rolland, Ing. en chef des mines et observations de MM. Édouard Lippmann et J. Bergeron (Séance du 6 mai), page 762;

14° *Machine locomotive* (Traité pratique de la) de M. Demoulin, analyse par M. A. Mallet (Séance du 20 mai), page 771;

15° *Navales de l'Espagne et des États-Unis* (État des forces) par M. L. de Chasseloup-Laubat (Séance du 6 mai), page 762;

16° *Nominations :*

de Membres des Comités d'admission pour l'Exposition universelle de 1900;

Groupe VI, Classe 30: M. R. Godfernaux;
Groupe XI, Classe 65: M. A. Pourcel;
Groupe XIII, Classe 75: M. F. Alavoine;
Groupe XV, Classe 98: M. H. Falconnet;
Groupe XVIII, Classe 120 : M. A. Bethouart;

de M. E. Bariquand comme Président du Groupe IV (mécanique générale).

(Séances des 6 et 20 mai), pages 760 et 770;

17° *Ouvrages reçus et présentation d'ouvrages* (Séances des 6 et 20 mai), pages 760 et 770;

18° *Prix Gottschalk, Triennal.* (Legs de 10 000 francs de M. A. Gottschalk pour la création d'un) (Séance du 6 mai), page 760;

19° *Transporteurs aériens.* Lettre de M. P. Guéroult (Séance du 6 mai), page 761;

20° *Vapeur* (Utilisation de la) par M. A. Lencauchez, et observations de MM. A. Mallet, Ch. Compère, F. Barbier, L. Belmère, D. Casalonga (Séance du 20 mai), page 774;

Mémoires contenus dans le bulletin de mai 1898.

21° *Chronique* n° 221, par M. A. Mallet, page 935;

22° *Comptes rendus,* — page 946;

23° *Eaux artésiennes de l'Oued Rir' et Bas-Sahara Algérien* (A propos de l'alimentation des) par M. Georges Rolland, Ingénieur en chef des mines, pages 784;

24° *Eaux artésiennes du Sahara* (Réplique aux observations de M. Rolland sur l'origine des), par M. Ed. Lippmann, page 804;

25° *Machine locomotive* (Traité pratique de la) par M. M. Demoulin, analyse par M. A. Mallet, page 915;

26° *Métallurgie* (Traité théorique et pratique de la), par C. Schnabel, analyse par M. P. Jannettaz, page 932;

27° *Navales Espagnoles et Américaines* (Les Forces) par M. L. de Chasseloup-Laubat, page 817;

28° *Tirage dans les navires* (Errata sur les différents modes de), par M. L. de Chasseloup-Laubat, page 914.

Pendant le mois de mai 1898, la Société a reçu :

37432 — De M. P. Guédon (M. de la S.). *Les locomotives nouvelles, par Pierre Guédon* (in-18 de 537 p. avec 216 fig. et 23 pl.). Paris, J. Fritsch, 1893.

37433 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Nouveau traité des bicycles et bicyclettes. Équilibre et direction, par C. Bourlet* (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (petit in-8° de 180 p. avec 41 fig.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1898.

37434 — *51e année. Société des Ingénieurs Civils de France. Annuaire de 1898.* Paris, Hôtel de la Société, 1898.

37435 — De North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. *An account of the Strata of Northumberland and Durham as proved by Borings and Sinkings, U-Z* (Issued by the Council of the North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers) (in-8° de 238 p.). Newcastle-upon-Tyne, Andrew Reid and C°, 1897.

37436 — De la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. *Atti della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. Anno XXXI, 1897, n° 37 della Serie completa degli Atti.* Torino, Camilla e Bertolero, 1897.

37437 — De M. H. Ravon, de la part de M. Gassaud (M. de la S.). *Code du bâtiment. Dictionnaire juridique et pratique de la Propriété bâtie, par MM. Henri Ravon et G. Collet-Corbinière. Supplément mis au courant de la jurisprudence par M. Henri Ravon* (in-8° de 353 p.). Paris, Charles Schmid, 1896.

37438 — De M. A. Droit (M. de la S.). *Rapport sur l'opportunité de la création d'une usine en Provence ayant pour objet le Traitement des Bauxites ferrugineuses de la région, en vue de la fabrication de l'alumine pure et produits chimiques alumineux, par P. Kienlen* (petit in-4° de 16 p.). Bruxelles, Imp. des Travaux publics, 1898.

37439 — Du Massachusetts Institute of Technology. *Massachusetts Institute of Technology. Boston. Annual Catalogue 1897-1898.* Boston, Rockwell and Churchill, 1898.

37440 — De MM. Roederer und Altschul. *Universalmaschine-zur Eisen- und Metallbearbeitung. Roederer und Altschul Prag. Patentirt in allen Culturstaaten 1897* (grand in-4° de VIII p. avec 6 pl.). Prag, Alois Wiesner.

37441 — De M. Charles Janet (M. de la S.). *Études sur les fourmis, les guêpes et les abeilles, par Charles Janet. Note 14. Rapport des animaux myrmécophiles avec les fourmis* (in-8° de 99 p.). Limoges, Veuve H. Ducourtieux, 1897.

37442 — Dito. *Études sur les abeilles, par Charles Janet. 15e Note. Appareils pour l'observation des fourmis et des animaux myrmécophiles* (Extrait des Mémoires de la Société géologique de France, Tome X, page 302, planche X, année 1897) (in-8° de 22 p. avec 1 pl.). Paris, Siège de la Société, 1897.

37443 — Dito. *Études sur les fourmis, les guêpes et les abeilles. Note 16. Limites morphologiques des anneaux post-céphaliques et Musculature des anneaux post-thoraciques chez la Myrmica rubra, par Charles Janet* (in-8° de 36 p.). Lille, Le Bigot frères, 1897.

37444 — Dito. *Sur les limites morphologiques des anneaux du tégument et sur la situation des membranes articulaires chez les Hyménoptères arrivés à l'état d'imago, par Charles Janet* (Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 31 janvier 1898) (petit in-4° de 4 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1898.

37445 — Dito. *Sur l'emploi de Désinences caractéristiques dans les dénominations des groupes établis pour les classifications zoologiques, par Charles Janet.* (Extrait des Mémoires de la Société académique de l'Oise) (in-8° de 12 p.). Beauvais, D. Père, 1898.

37446 — Dito. *Les habitations à bon marché dans les villes de moyenne importance, par Charles Janet* (Extrait des Comptes rendus du Congrès international des habitations à bon marché tenu à Bruxelles en 1897) (in-8° de 18 p. avec 1 pl.). Bruxelles, Hayez, 1897.

37447 — Dito. *Notice sur les travaux scientifiques présentés par M. Charles Janet à l'Académie des Sciences au Concours de 1896 pour le prix Thore* (in-8° de 94 p.). Lille, Le Bigot frères.

37448 — De M. H. Murat (M. de la S.). *Nouveau système de vitrerie sans mastic. Étanchéité garantie, par H. Murat* (in-8° de 15 p. avec 12 fig.). Paris, G. Steinheil, 1898.

37449 — De M. G. Dumont, de la part de M. F.-J. Pillet (M. de la S.). *Excursions pittoresques parmi les sciences et les arts. 1er fascicule. Sports et transports au Palais-Royal. La composition décorative dans les grands ouvrages métalliques. Le pavillon de Rohan et les guichets du Louvre. L'Enseignement du dessin industriel, par F.-J. Pillet* (in-8° de 67 p.). Paris, 38, boulevard Garibaldi.

37450 — De John Crerar Library. *The John Crerar Library. Third annuat Report for the Year 1897* (grand in-8° de 29 p.). Chicago, Printed by Order of the Board of directors, 1898.

37451 — De Svenska Teknologföreningens. *Förteckning öfver Svenska Teknologföreningens. Ledamöter. Mars 1898.* Stockolm, A. L. Normans, 1898.

37452 — De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers with other selected and abstracted Papers. Vol. CXXXI, 1897-98. Pt. 1.* London, Published by the Institution, 1898.

37453 — De la Revista Minera, Metalurgia y de Ingenieria. *Anuario de la Mineria, Metalurgia y Electricidad de España, con una sección de Industrias quimicas publicado por la Revista Minera, Metalurgia y de Ingenieria, bajo la dirección de Don Román Oriol. Año quinto, 1898.* Madrid, Enrique Teodoro, 1898.

37454 et 37455 — De M. Arthur Nouvelle. *Traité d'arquebuserie, par Arthur Nouvelle. Divisé en huit parties.* (grand in-8° de XII-451 p. avec album même format de 32 pl.). Paris, Baudry et C^ie^, 1897.

37456 — De l'Association amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines. *Association amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines. 34^e^ annuaire, 1897-1898.* Paris, Siège social.

37457 — De la Société anonyme des Hauts Fourneaux et Forges de Dudelange. *Classification des produits de l'Aciérie et du Laminoir de la Société anonyme des Hauts Fourneaux et Forges de Dudelange, Grand Duché de Luxembourg. Édition de 1897.* (in-12 de 31 p.). Imp. strasbourgeoise.

37458 — De M. H. Le Soudier, Éditeur. *Annuaire de l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle. 1^re^ année 1897. 1^er^ Congrès, Vienne, octobre 1897* (in-8° de 499 p.). Paris, H. Le Soudier, 1898.

37459 — De M. D. A. Casalonga (M. de la S.). *Compte rendu des travaux de la section de la propriété industrielle du Congrès de Bruxelles du 7 au 10 septembre 1897, par D. A. Casalonga* (Extrait du Bulletin du Syndicat des Ingénieurs-Conseils en matière de propriété industrielle) (in-8° de 16 p.).

37460 — De M. Georges Rolland. *Chemin de fer Transsaharien. Géologie du Sahara algérien, et Aperçu géologique sur le Sahara, de l'Océan Atlantique à la Mer Rouge, par M. Georges Rolland. Texte. Extrait des Documents relatifs à la mission de Laghouat, El-Goléa, Ouargla, Biskra, publiés par le Ministère des Travaux publics (Rapport géologique)* (in-4° de 276 p. avec 15 fig.). Paris, Imp. Nat., 1890.

37461 — Dito. *Hydrologie du Sahara algérien, par M. Georges Rolland. Texte. Extrait des Documents relatifs à la mission de Laghouat, El-Goléa, Ouargla, Biskra, publiés par le Ministère des Travaux publics (Rapport hydrologique)* (in-4° de 425 p. avec 5 fig.). Paris, Imp. Nat., 1894.

37462 — Dito. *Chemin de fer Transsaharien, Géologie et Hydrologie du Sahara algérien, par M. Georges Rolland. Planches accompagnant les deux volumes de texte. Extrait des Documents relatifs à la mission de Laghouat, El-Goléa, Ouargla, Biskra, publiés par le Ministère des Travaux publics (Rapports géologique et hydrologique)* (in-4° de 31 pl.). Paris, Imp. Nat. 1890. (La planche 30 n'existe pas.)

37463 — De l'Iron and Steel Institute. *The Journal of the Iron and Steel Institute. Name Index Volumes I to L 1869-1896. Edited by Bennett H. Brough Secretary* (in-8° de 564 p.). London, E. and F. N. Spon, 1898.

37464 à 37581 — De Madame veuve Ch. de Comberousse et de ses deux enfants. *Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics. Années 1844 à 1870. Tomes I à CXVI* (118 volumes petit in-4°). Paris, Imp. Impériale, 1850 à 1870. Imp. Nationale, 1870 à 1897.

37582 à 37737 — Dito. *Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par le Ministre du Commerce et de l'Industrie. Nouvelle série. Années 1871 à 1893. Tomes I à LXXXVIII* (156 volumes petit in-4°). Paris, Imp. Nationale, 1874 à 1897.

37738 — De l'Academia Mexicana. *Anuario de la Academia Mexicana de ciencias exactas, fisicas y naturales correspondiente de la Real de Madrid. Año II. 1896.* Mexico, Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento, 1897.

37739 — Dito. *Reseña presentada en la sesion del dia 10 de Enero de 1898, por el Ingeniero D. Mariano de la Barcena, Secretario perpetuo de la Academia de ciencias exactas, fisicas y naturales, correspondiente de la Reale de Madrid* (in-8° de 15 p.). Mexico, Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento, 1898.

37740 — *1898. Treizième année. Annuaire des chemins de fer, rédigé d'après les documents officiels, par E. Marchal.* Paris, Direction, 14, rue Froissart.

37741 — De M. V^ve^ Ch. Dunod, éditeur. *Éclairage, par L. Galine et B. Saint-Paul* (in-16 de VIII-422 p. avec 214 fig.) (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics). Paris, V^ve^ Ch. Dunod, 1898.

37742 — Du Comité central des Houillères de France. *Annuaire des Houillères de France, 1898.* Paris, 55, rue de Châteaudun.

37743 et 37744 — Dito. *Loi concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail, promulguée le 9 avril 1898. Règlements d'administration publique. Circulaires, tarifs, etc., relatifs à cette loi* (in-8° de 19 p,). *Notices explicatives. Notes n^os^ I à IV* (in-8° de XXII p.). Paris, 55, rue de Châteaudun.

37745 — Du Ministère de l'Agriculture. *Ministère de l'Agriculture. Bulletin (annexe). Direction de l'Hydraulique agricole. Documents officiels. Statistique. Rapports. Fascicule V* (grand in-8° de 264 p. avec 4 pl.). Paris, Imp. Nat., 1898.

37746 — De la Compagnie des chemins de fer de l'Est. *Chemins de fer de l'Est. Huit jours dans les Vosges. Gérardmer et environs. Album de 100 vues* (format 330 × 260). Nancy, A. Bergeret.

37747 — De l'Actien-Gesellschaft der Locomotiv-Fabrik vorm. G. Sigl in Wiener-Neustadt, à la demande de M. A. Mallet (M. de la S.). *Denkschrift zur Vollendung der 4 000sten Locomotive in der Locomotiv-Fabrik vorm. G. Sigl in Wiener-Neustadt. Juni 1897* (in-4° de 27 p.). Wien, Emil M. Engel.

37748 à 37795 — De M. P. Guéroult (M. de la S.) *Documents sur les transporteurs Temperley. Dossier renfermant 48 pièces.* (Voir les renseignements contenus dans le P.-V. du 6 mai 1898, page 163).

37796 — De M. L. Danel, éditeur. *Statistique des Houillères en France et en Belgique, publiée sous la direction de M. Émile Delecroix. Janvier 1896* (grand in-8° de 409 p.). Lille, L. Danel.

37797 — *L'Année scientifique et industrielle fondée par Louis Figuier. 41e année, 1897, par Émile Gautier* (in-16 de 432 p.). Paris, Hachette et Cie, 1898.

37798 — De M. W. E. Garforth. *Suggested Rules for the Recovery of Coal-Mines after Explosions. A Paper read before the Federated Institution of Mining Engineers, by W. E. Garforth. General Meeting at London June 3 rd, 1897* (Excerpt from the Transactions of the Federated Institution of Mining Engineers) (in-8° de 41 p., avec 5 pl.). London and Newcastle upon-Tyne, Andrew Reid and Co, 1898.

37799 — De M. A. Lahure, éditeur. *Annuaire des adresses télégraphiques de Paris et d'un grand nombre d'adresses des départements et de l'étranger. Première année* (in-8° de 299 p.). Paris, A. Lahure.

37800 — De M. G. Foureau. *Mon neuvième voyage au Sahara et au pays Touareg, Mars-Juin 1897. Rapport adressé à M. le Ministre de l'Instruction publique et à la Société de Géographie, par Fernand Foureau* (grand in-8° de 151 p. avec 1 pl.). Paris, Augustin Challamel, 1898.

37801 — Dito. *Longitude d'In-Sâlah, par F. Foureau* (Extrait des comptes rendus de la Société de Géographie, n° de février) (in-8° de 6 p.). Paris, Imprimeries réunies.

37802 — De M. Ch. Lallemand. *L'heure légale en France et les fuseaux horaires, par Ch. Lallemand* (in-8° de 23 p.) (Extrait de la Revue scientifique du 16 avril 1898). Paris, bureau de la Revue scientifique, 1898.

37803 — De M. Bernard Tignol, éditeur. *Manuel pratique du teinturier, par J. Hummel et F. Dommer* (Bibliothèque des actualités industrielles n° 67) (in-16 de 549 p. avec 78 fig.). Paris, Bernard Tignol.

37804 — De M. Vve Ch. Dunod et Cie, éditeur. *Comptabilité des travaux publics et Tenue des bureaux des Services des ponts et chaussées, par E. Herbert* (Bibliothèque du Conducteur de travaux publics) (in-16 de 520 p.). Paris, Vve Ch. Dunod et Cie, 1898.

37805 — De MM. Guillaumin et Cie, éditeurs. *A travers l'Angleterre industrielle et commerciale, par Édouard Deiss* (in-18 de 396 p.). Paris, Guillaumin et Cie, 1898.

37806 — De M. Armengaud aîné (M. de la S.). *Traité pratique des marques de fabrique et de commerce, par Armengaud aîné* (in-8° de 319 p.). Paris, librairie technologique Armengaud aîné, 1898.

37807 — De la Chambre de Commerce de Paris. *Travaux de la Chambre de Commerce de Paris pendant l'année 1897.* Paris, librairies-imprimeries réunies, 1897.

37808 — Du Ministère des Travaux publics. *École Nationale des Ponts et Chaussées. Collection de dessins distribués aux élèves. Légendes explicatives des planches. Tome quatrième. 3e fascicule. 29e livraison, 1897* (grand in-8°, pages 101 à 145). Paris, Imp. Nat., 1897.

37809 — Dito. *École nationale des Ponts et Chaussées. Collection de dessins distribués aux élèves. Série 5. Section D. Pl. 1. — Série 6. Section B. Pl. 14 à 24.*

37810 — De la R. Scuola di Applicazione per gl'Ingegneri in Napoli. *R. Scuola di Applicazione per gl'Ingegneri in Napoli. Pubblicazione deliberata dal Consiglio direttivo in occasione della Esposizione Nazionale di Torino. Anno 1898* (in-4° de 124 p.). Napoli, Angelo Trani.

37811 — De l'Association Parisienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. *Compte rendu des séances du 21e Congrès des Ingénieurs en Chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Paris en 1897.* Paris, E. Capiomont et Cie.

37812 — De la Smithsonian Institution. *Message from the President of the United States. Transmitting the Report of the Naval Court Inquiry upon the Destruction of the United States Battle Ship Maine in Havana Harbor, February, 15, 1898, together with the testimony taken before the Court* (in-8° de 293 p. avec 20 phototot. et 3 pl.). Washington, Government Printing Office, 1898.

37813 — De la Compagnie des Chemins de fer de l'Est. *Les villes d'eaux de l'Est, Bains-les-Bains, Bourbonne, Bussang, Contrexéville, Luxeuil, Martigny, Plombières, Sermaize, Vittel. Album de 100 vues d'après nature* (format 330 × 260). Nancy, J. Royer, 1898.

37814 — De la Société anonyme du Canal et des Installations maritimes de Bruxelles. *Société anonyme du canal et des installations maritimes de Bruxelles. Premier exercice social. Année 1896-1897. Rapport présenté par le Conseil d'administration* (petit in-4° de 31 p.). Bruxelles, E. Guyot, 1898.

37815 — De M. Ch. Lucas (M. de la S.). *Quatrième Congrès international des Architectes et Exposition rétrospective organisés par la Société centrale d'architecture de Belgique, sous le haut patronage de S. M. le Roi des Belges, à l'occasion du 25e anniversaire de sa fondation, du 28 août au 2 septembre 1897. La Caisse de défense mutuelle des Architectes. Causerie par M. Charles Lucas* (grand in-8° de 20 p.). Bruxelles et Paris, E. Lyon-Claesen, 1898.

37816 — Dito. *Caisse de défense mutuelle des Architectes. Troisième Mémorandum judiciaire. De l'expertise* (in-8° de 34 p.). Paris, Chaix, 1898.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mai 1898, sont :

Comme Membre honoraire, M. :

A. Picard, présenté par MM. Loreau, Dumont, Mesureur.

Comme Membres sociétaires, MM. :

A. Aubaile,	présenté par MM.	Leclaire, Salmon, Jouan.
Ch. Balsan,	—	Loreau, Gouin, Richemond.
G.-P. Bastien,	—	Loreau, Delaunay-Belleville, Hubac.
A.-P. Berthelin,	—	du Bousquet, Keromnès, Fremont.
J. Bilbie,	—	Ludt, Bouchon, Jean.
L.-A. Bize,	—	Dumont, Lemaire, Louyot.
A. Bour,	—	Rey, de Joly, P. Bour.
H.-A. Bourdoux,	—	Dumont, Lemaire, Louyot.
P.-E. Boynet,	—	du Bousquet, Keromnès, Pulin.
E. Brandt,	—	Loreau, Cornuault, Georgin.
E.-H. Brunet,	—	Arraou, de Marchena, de Perrodil.
F.-A. Carchereux,	—	Zetter, Gerbold, Grosclaude.
A. Cathelin,	—	Loreau, Michaud, Bonneville.
M.-E. Cros,	—	L. Rey, Huguet, Boyer.
L.-P.-L. Delahaye,	—	Supervielle, Desforges, P. Mallet.
Ch. Dessin,	—	Vivien, Carez, Bertaux.
Ch.-M. Dorémieux,	—	Carimantrand, Mallet, Lévi.
N. de Escoriaza.	—	Montesino, Averly, Suss.
R.-M.-J. de la Faye,	—	Ducomet, Girard, Guyenet.
L.-J.-M. Fraud,	—	Godfernaux, Level, Sartiaux.
J. Gordéienko.	—	Ghercevanoff, Brandt, de Timonoff.

Ch.-A. Guilliot,	présenté par MM.	Loreau, Eugène Simon, Badois.
L. Hachnoff,	—	Loreau, Eugène Simon, Badois.
Ch. Hazelaire,	—	Loreau, Eug. Simon, Mesureur.
P.-V. Herman,	—	Dumont, Lemaire, Louyot.
E.-R.-H. d'Huart,	—	Loreau, Michaud, Bonneville.
H d'Huart,	—	Loreau, Michaud, Bonneville.
N.-N. Khitrovo,	—	Mallet, Wigoura, Badois.
V. Kourdumoff,	—	Ghercevanoff, Brandt, Yankowsky.
H.-O. Laurain,	—	Rouget, J. Groselier, E. Groselier.
P. Lavie,	—	Lippmann, Ed. Lippmann fils, Fock.
F. Lewandowski.	—	Mallet, Wigoura, Badois.
G.-G. Martine,	—	Hignette, Lefranc, Manaut.
O. Ossent,	—	Loreau, Eugène Simon, Rey.
N.-T.-E. Pakyne.	—	du Bousquet, Keromnès, Pulin.
V.-N.-A. Pasque,	—	Carimantrand, Mallet, Chauveau des Roches.
J.-H. Pinguet,	—	Lanseigne, Chardon, Lavezzari.
M. Plowes,	—	Loreau, Salazar, Badois
D.-A. Ponchez,	—	Delaunay-Belleville, Hubac, Loreau.
L. Pornin,	—	Badois, Jannettaz, Fremont.
H. Poutet,	—	Guéroult, Cazaubon, Restout.
E.-Ch.-A. Presser,	—	Grébus, L. Langlois, Mesureur.
G.-G.-Ch. Szersnovicz,	—	Laurent, Collet, Baudon.
A.-J. Tissier,	—	Baudot, Cattaui-Bey, Thuile.
G. Trasenster,	—	Loreau, Clermont, Badois.
P. Wurth.	—	Loreau, T. Dutreux, A. Dutreux.

Comme Membres associés, MM. :

A.-V. Canuet,	présenté par MM.	Dumont, Lemaire, Louyot.
L. de Deken,	—	Loreau, Eugène Simon, Badois.
J. Gauchard.	—	Carimantrand, Mallet, Chauveau des Roches.
J. Hagienoff.	—	Loreau, Eugène Simon, Dumont.
E. Mimard,	—	Romain, Gaillardet, Varennes.
C.-A. Picquemet.	—	Dumont, Lemaire, Louyot.
A. Seydoux.	—	Loreau, Richemond, Gouin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1898

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 MAI 1898

PRÉSIDENCE DE M. A. LOREAU, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT prie M. l'Ingénieur en chef des Mines Rolland, venu pour exposer sa théorie sur l'Alimentation des eaux artésiennes de l'Oued-Rir' et du Bas-Sahara Algérien. de prendre place au Bureau et le remercie d'avoir bien voulu répondre à l'appel qui lui a été fait au nom de la Société par notre ancien Président M. E. Lippmann.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part des décès de plusieurs Collègues :

M. Hély d'Oissel, membre de la Société depuis 1872, était Vice-Président de la Société de Saint-Gobain et Administrateur de Commentry et Fourchambault ; ce décès remonte à une date déjà éloignée, mais la famille ayant omis d'en faire part à la Société, il n'a pu en être donné connaissance plus tôt ;

M. Aug. Bauquel, membre de la Société depuis 1870, Directeur de la Glacerie de Cirey et Administrateur des Verreries de Vallerystahl et du Chemin de fer d'Avricourt à Cirey ;

M. F. Loisel, membre de la Société depuis 1850, ancien Directeur du Chemin de fer de Chimay ;

M. J. Lejeune, membre de la Société depuis 1888, ancien Directeur des ateliers Frey et fils ;

M. de Borodine, membre de la Société depuis 1880, Président du

Chemin de fer de Moscou Windau Ribink, Prix Nozo en 1888 et membre correspondant de notre Société.

M. A. Mallet a bien voulu se charger de rédiger une notice sur la vie et les travaux de notre Collègue.

M. LE PRÉSIDENT a déjà fait part de la pensée bienveillante de notre ancien Président Gottschalk qui a laissé par testament à la Société un legs de 10 000 francs.

L'extrait du testament vient de nous être communiqué.

Cette somme est attribuée à la création d'un prix qui devra être décerné tous les trois ans, par les soins de la Société, à un mémoire traitant d'une question de mécanique.

Conformément aux statuts, ce legs doit recevoir l'acceptation de la Société; le Comité, après délibération, a émis un avis favorable que M. le Président demande à l'Assemblée de ratifier.

La délibération du Comité est ratifiée, et par suite le legs est accepté.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que notre Collègue M. I.-M. Bel a été nommé Officier de l'Instruction Publique.

M. P.-F. Le Roy a été nommé Officier d'Académie.

Ont été nommés Membres des Comités d'Admission pour l'Exposition Universelle de 1900;

Groupe VI, Classe 30: M. R. Godfernaux ;

Groupe XIII, Classe 75: M. F. Alavoine ;

Groupe XV, Classe 98: M. H. Falconnet ;

Groupe XVIII, Classe 120: M. A. Bethouart.

M. E. Bariquand a été nommé Président du Groupe IV (Mécanique générale).

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir de rappeler que c'est au cours de cette séance qu'il doit être procédé au vote pour l'admission comme membre honoraire de M. Alfred Picard, Commissaire Général de l'Exposition, présenté par MM. A. Loreau, Président, G. Dumont et J. Mesureur, Vice-Présidents.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance ; il signale particulièrement :

Les locomotions nouvelles, de M. P. Guédon ; le supplément au Code du Bâtiment, de M. H. Ravon ; Géologie et Hydrologie du Sahara, par M. G. Rolland, Ingénieur en Chef des Mines.

Enfin, un don d'une grande importance a été fait à la Bibliothèque de la Société par la famille de notre regretté ancien Président, Charles de Comberousse : ce don consiste dans la collection des Brevets d'Invention pris sous le régime de la Loi du 5 juillet 1844, pendant les années 1844 à 1870 et 1871 à 1893, soit un ensemble de 274 volumes dont la valeur est considérable, car cette collection fort intéressante est devenue excessivement rare.

C'est une pensée très aimable de la part de la famille, de l'avoir offert à notre Société, et M. le Président est certain d'être l'interprète de tous en lui adressant les plus sincères remerciements. *(Acquiescement général.)*

M. Guéroult, qui a déjà fait au sujet du transporteur Temperley une

communication très intéressante, nous adresse la lettre suivante dont M. le Président le remercie :

« *Paris, le 5 mai 1898*

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS, PARIS.

» A la suite de l'intéressante communication faite par notre éminent Collègue M. Thiéry, le 18 février dernier, j'avais promis d'adresser à la Société des Ingénieurs Civils le catalogue des Cableways Lidgerwood. Je viens, aujourd'hui, remplir ma promesse et compléter ces renseignements relatifs aux transports aériens par l'envoi des documents et projets se rapportant aux applications les plus récentes des transporteurs Temperley au sujet desquels j'ai fait une communication en juin 1895.

» Ces transporteurs aériens présentent, comme ceux du système Lidgerwood, cette particularité essentielle que les charges peuvent être élevées, transportées et descendues en un point quelconque de leur parcours à des hauteurs et profondeurs variables, et que les supports de la voie aérienne peuvent être mobiles, de façon à changer l'alignement suivant lequel les matériaux ou marchandises doivent être déposés ou mis en tas, à ciel ouvert ou sous hangar.

» Dans l'ensemble des projets que j'ai l'honneur de vous adresser, figurent les principaux types en usage dont je vous demande la permission de faire la nomenclature succincte :

» 1° *Transporteurs sur mâts de charge ou potences pour le ravitaillement en rade ou en mer et en marche des escadres.* — Types d'installation sur d'anciennes canonnières ou steamers transatlantiques transformés en charbonniers. Compte rendu des expériences de Portsmouth en janvier 1898. Schéma des efforts agissant sur les supports des transporteurs Temperley ;

» 2° *Transporteurs à poutre horizontale pour la prise en cale ou sur wagons des charges et leur mise en tas, en magasin ou à ciel ouvert.* — Puissance variant de 500 à 1 500 *kg*, portées pouvant atteindre 160 *m* ;

» 3° *Transporteurs sur charpentes mobiles* pour la prise en cale ou la mise en tas et *vice versa*. Portées pouvant atteindre 50 *m*. Déplacement sur les voies à l'écartement de 2 à 9 m parallèlement à la ligne des quais ;

» 4° *Transporteurs sur estacades, pylônes ou bigues fixes.* — Portée pouvant atteindre 60 *m*. Les poutres peuvent être à mouvement d'orientation, et les charges être descendues à des distances variables du point de rotation suivant chaque direction.

» Je joins à ces divers tracés un ensemble de photographies représentant la plupart de ces types fonctionnant en France ou en Angleterre, et compte vous envoyer incessamment la traduction analytique du catalogue Lidgerwood, une circonstance imprévue m'ayant empêché de la joindre aujourd'hui aux documents ci-dessus.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les plus dévoués.

» P. GUÉROULT. »

Avant de donner la parole à M. de L. Chasseloup-Laubat pour sa communication sur l'*État des forces navales de l'Espagne et des États-Unis*, M. LE PRÉSIDENT tient à faire remarquer que le sujet qui va être traité est à l'heure actuelle excessivement délicat; aussi ne va-t-il être abordé qu'au point de vue purement technique, le seul qui nous intéresse comme Ingénieurs.

Bien des renseignements erronés ont été publiés de divers côtés sur l'état et la puissance de ces deux flottes; il est indispensable que des renseignements sérieux et précis soient donnés dans cette enceinte, et personne n'était mieux autorisé que M. de Chasseloup-Laubat pour nous faire un pareil compte rendu.

M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT confirme tout d'abord ce qui vient d'être dit par M. le Président; il ne nous appartient pas d'analyser ici les causes de la guerre, ni d'envisager la façon dont les belligérants se conduiront au feu; nous savons qu'ils le feront avec un grand courage de part et d'autre, et nous ne pouvons qu'adresser un salut respectueux aux hommes qui vont affronter la mort sur les flots.

Il se bornera donc à examiner le côté purement technique de ces vastes usines flottantes qui renferment des forces s'élevant à 20 et 25 000 *ch* pour actionner les machines les plus diverses dont le nombre atteint 85 et même 90, et qui peuvent lancer d'une seule bordée jusqu'à 4 *t* de projectiles.

La communication de M. de Chasseloup-Laubat ne pouvant être suivie avec intérêt qu'accompagnée des graphiques exposés en séance, il n'en est pas donné ici de résumé; on la trouvera *in extenso* dans un prochain *Bulletin*.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. de Chasseloup-Laubat de son intéressante communication exposée avec une grande netteté, puis il donne la parole à M. l'Ingénieur en chef des mines Rolland qui va exposer, avec la compétence que tout le monde lui connaît, des renseignements sur *l'alimentation des eaux artésiennes de l'Oued Rir' et du bas Sahara*.

M. G. ROLLAND remercie la Société des Ingénieurs Civils de vouloir bien lui donner l'hospitalité pour présenter à ce sujet quelques observations, en réponse aux communications faites par M. E. Lippmann, le 16 novembre 1896, sur « les forages artésiens du Sahara » et par M. J. Bergeron, en janvier 1897, sur les « Résultats des voyages de M. Foureau au point de vue de la Géologie et de l'Hydrologie de la région méridionale du Sahara algérien ».

M. Rolland rappelle que, dans son *Hydrologie du Sahara*, il a décrit sous ses diverses faces et avec grand développement le régime des eaux artésiennes du bas Sahara algérien, et, en particulier, de l'Oued Rir'. Pour ce qui est de leur alimentation, il s'est attaché à démontrer qu'elle s'opère surtout par le Nord, tandis que, d'après M. Lippmann, elle s'effectuerait en totalité par le Sud, et, d'après M. Bergeron, en majeure partie tout au moins.

En insistant sur les eaux qui descendent superficiellement ou souterrainement des massifs montagneux de l'Atlas, au nord, M. Rolland

avait surtout en vue l'alimentation de la moitié septentrionale du bassin artésien du bas Sahara, la plus importante, celle où se trouve l'Oued Rir'; mais, par contre, pour les régions artésiennes complètement distinctes, qui se trouvent dans le Sahara central, telles que Timassinin, Amguid, il n'avait pas manqué de noter qu'inversement leurs eaux descendent des massifs montagneux du Tassili des Azdjer, du Ahaggar, etc., au Sud. A Timassinin, il avait signalé que des sondages de recherche rencontreraient certainement la même nappe jaillissante qu'à El Goléa (sans doute vers 50 *m* et peut-être moins). Les chances sembleraient également favorables à Amguid.

M. l'explorateur Foureau a constaté que, pendant l'hiver 1893-94, beaucoup de pluie était tombée sur le Tassili des Azdjer et dans les Ighargharen; M. d'Attanoux faisait vers la même époque des observations identiques. Mais tout en classant ces régions comme récoltant plus d'eaux météoriques qu'on ne le supposait, on ne peut méconnaître qu'elles soient encore situées en plein climat saharien, et on admettra difficilement qu'elles bénéficient d'autant de précipitations atmosphériques que les montagnes sensiblement plus élevées de l'Aurès. De plus, comme l'Aurès n'est qu'à 150 *km* de l'Oued Rir', tandis que le Tassili des Azdjer et le Ahaggar en sont distants de 800 à 1 000 *km*, il semble *a priori* devoir jouer un rôle beaucoup plus important dans son alimentation. C'est ce que confirme l'étude méthodique de la question.

M. Rolland distingue quatre modes principaux d'alimentation :

1° *Eaux de pluie tombant directement dans le bas Sahara.* — Elles ne pénètrent qu'en faible proportion dans le sous-sol, sauf celles qui tombent sur certains sols spéciaux, et surtout sur les grandes dunes de sable, qui jouent le rôle de véritables *réservoirs d'eau*. Ce mode d'alimentation s'opère surtout par le Sud.

2° *Eaux courantes des vallées*, s'infiltrant le long des oueds.

Les oueds du sud sont loin, en tant que *lignes d'eaux superficielles*, de jouer dans l'alimentation des nappes souterraines du bas Sahara un rôle correspondant à l'immense développement de leur réseau hydrographique. Le bassin de l'Oued Mya est essentiellement saharien. Le bassin du haut Igharghar, avec ses affluents, tels que les Ighargharen, est incomparablement mieux doté en pluies; mais une faible partie de ses eaux arrive au thalweg même du bas Igharghar.

Inversement les apports en eaux superficielles qui s'écoulent par les oueds que la zone des chotts algériens reçoit au nord, Oued Djeddi, Oued Biskra, etc. sont beaucoup plus importants. M. Rolland les évalue à 500 millions de mètres cubes d'eau par an. Il ne faut pas s'exagérer toutefois le contingent que ces oueds fournissent aux eaux souterraines, en raison de l'imperméabilité du sous-sol de la plaine nord du Melrir.

Le peu de succès des sondages entrepris dans cette plaine ne prouve pas plus, d'ailleurs, contre l'alimentation par le nord que ne prouveraient contre l'alimentation par le sud les résultats sans doute encore plus négatifs des sondages qu'on entreprendrait au sud, entre Ouargla et Timassinin.

M. Rolland examine ensuite, du sud au nord, les trois bassins suc-

cessifs d'eaux jaillissantes de Timassinin, de Ouargla et de l'Oued Rir', et ne voit rien qui, dans le gisement ni l'allure de leurs nappes, rappelle un ancien cours d'eau disparu sous les sables.

3° *Sources de la lisière nord du bas Sahara.*

M. Rolland fait observer que ses contradicteurs n'en ont pas dit un mot. Cependant à 100 *km* au N.-N.-O. de l'Oued Rir', les sources du Zab occidental débitent annuellement 65 millions de mètres cubes d'eau, qui s'infiltrent presque aussitôt dans le sous-sol et qui ne peuvent que descendre vers l'Oued Rir', en raison du plongement des formations d'atterrissement. Une partie notable de l'alimentation de l'Oued Rir s'opère certainement ainsi; c'est la mieux démontrée, la plus directe.

A noter encore les sources du Zab central, puis, plus à l'est, celles du Sahara tunisien.

4° *Nappes et sources souterraines* de l'intérieur du bassin.

M. Rolland est d'autant plus d'accord avec M. Bergeron sur la *cuvette crétacée du Melrir* que c'est lui qui l'a mise en lumière et décrite dans sa *Géologie du Sahara*. Il a montré dans son *Hydrologie* les dispositions favorables de cette cuvette comme *bassin artésien* et passé en revue les nappes d'importance variable, prouvées ou probables qui, sous les plateaux crétacés formant ceinture, doivent converger vers les profondeurs du bas Sahara; il a cherché enfin suivant quel mécanisme elles pouvaient jaillir souterrainement à l'aplomb des artères artésiennnes de l'Oued Rir' et de Ouargla.

D'après ses indications, un sondage de recherche de 300 *m* vient d'être entrepris au Mzab.

Au sud, Roche avait déjà montré que les grès paléozoïques du Tassili des Azdjer plongeaient sous le plateau crétacé de Thingert. Etant donné le caractère perméable de ces grès, il doit évidemment y avoir là une nappe artésienne sous la couverture des marnes cénomaniennes.

Somme toute, les conclusions de M. Rolland, en ce qui concerne ce quatrième mode d'alimentation, ne différeraient de celles de M. Bergeron que dans une simple question de mesure.

Il a été surtout frappé par l'abondance évidente des nappes artésiennes qui, dans le nord, circulent au sein des terrains crétacés et suessonniens de la bordure septentrionale du bas Sahara, qui descendent souterrainement de l'Aurès et des Nemencha, qui jaillissent au pied de ces montagnes, qui alimentent, sans contestation possible, les sources du Zab occidental et central, ainsi que celles du Sahara tunisien, du Djérid à l'Aarad. Une partie de ces nappes doit vraisemblablement se poursuivre en profondeur vers le sud.

Quant à la nappe artésienne descendant du Tassili des Azdjer, au sud, elle mérite évidemment plus grande considération, du moment qu'il tombe sur le versant septentrional du Sahara central plus d'eaux météoriques qu'on ne savait. Toutefois, entre autres raisons, à en juger par la pureté relative des eaux du même niveau artésien à El Goléa (0,24 *g* de sels par litre), la majeure partie des eaux de l'Oued Rir' (près de 5 *g* de sels par litre) n'aurait cette provenance. Le sondage profond qu'on entreprend à Tougourt sera instructif à cet égard.

Quoi qu'il en soit, il suffit à M. Rolland qu'un explorateur de la valeur de M. Foureau et un géologue de la science de M. Bergeron attribuent aux eaux qui s'écoulent ainsi souterrainement du sud, autant d'importance dans l'alimentation de l'Oued Rir', pour que lui-même s'empresse de leur en accorder une plus grande à son tour. Mais, sauf cette concession, il maintient que, d'une manière générale, les eaux artésiennes de l'Oued Rir' proviennent principalement du nord.

Pour ce qui est du phénomène, rappelé par M. Lippmann, des animaux vivants, poissons, crabes et mollusques rejetés par les puits jaillissants de l'Oued Rir', M. Rolland ne voit pas en quoi il intéresse l'alimentation de l'Oued Rir' soit par le nord, soit par le sud.

Il conteste qu'auparavant les crabes fussent inconnus dans l'Oued Rir'. Le premier puits qui en ait rejeté est le n° 3 de Mazer, en 1876 : or, l'ouvrage de Ville, publié en 1865, cite des crabes trouvés précisément dans les eaux de cette oasis en 1861.

M. le Président est convaincu que la communication de M. Rolland va donner lieu à une importante discussion, et il demande à M. Édouard Lippmann s'il ne désire pas y répondre.

M. Édouard Lippmann remercie d'abord M. Rolland d'avoir répondu à son appel; il ne doutait pas, du reste, de son acceptation, du moment qu'il s'agissait de traiter la grande question qui intéresse au plus haut degré notre colonie africaine.

M. Lippmann estime que M. Rolland a perdu de vue le principe de sa communication de 1896; il énumère, en effet, quatre sources d'alimentation distinctes : les pluies, les vallées, les sources et les nappes souterraines. Mais M. Lippmann n'en voit qu'une qui est forcément l'origine de toutes les autres : la pluie; or, il a expliqué pourquoi il ne pleut pas ou que très rarement sur l'Atlas, qui est la montagne qui borde, au nord, la région considérée.

Au début de sa carrière, M. Lippmann croyait aussi à l'alimentation par le nord, car l'Atlas était la seule montagne en vue dans la région, et il était naturel de lui attribuer l'origine des eaux artésiennes; mais sa conviction fut ébranlée quand il observa que, contrairement à l'ordre naturel, les résultats des sondages devenaient négatifs en remontant vers le nord; il étudia alors les conditions orographiques et météorologiques de la région, et arriva à conclure que les eaux artésiennes du Sahara avaient leur origine dans les montagnes du sud.

Les courants froids du pôle austral qui ont traversé de grandes surfaces marines rencontrent, au sud du Sahara, des montagnes élevées sur lesquelles la vapeur d'eau se condense en donnant naissance au Congo, au Niger, au Nil, etc. Ce sont ces mêmes montagnes qui produisent la nappe d'eau souterraine qui alimente les puits. M. Lippmann invoque, à l'appui de son opinion, celle de M. Foureau, ainsi que celle de MM. Bergeron, Hermann Bernard qui ont pris part aux précédentes discussions, ce dont il les remercie. M. Lahache, pharmacien-major de Constantine, qui a étudié les eaux au point de vue de la minéralisation, lui a également écrit pour lui dire qu'il partageait absolument sa manière de voir.

M. Lahache a offert une bien intéressante brochure sur cette question à M. Lippmann, qui demande la permission de la joindre au dossier.

M. Rolland a dit que les sources du Zab, au pied de l'Atlas, débitent continuellement 2,8 m^3 par seconde, l'Atlas ne recevant pas de pluie, il est certain qu'il ne peut alimenter de pareilles sources.

M. Rolland a dit également que les eaux de ces sources ont une température de 23 à 34 °; si elles descendaient des sommets de l'Atlas pour jaillir à son pied, elles ne pourraient, dans leur parcours, arriver à une température aussi élevée. Cet échauffement s'explique de lui-même si on admet que les eaux proviennent du Tassili des Azdjer ou de plus loin, et ont dû, pendant le trajet, descendre à une profondeur de plus de 400 *m* pour suivre la courbure naturelle des stratifications des couches cenomaniennes fissurées et perméables.

Reste enfin la question des poissons et des crabes rejetés par les sources; comme il a été reconnu qu'un nombre important de ces animaux appartenaient à des espèces inconnues, M. Lippmann s'est trouvé autorisé à croire qu'ils venaient de régions encore non explorées.

M. Lippmann termine en exprimant la pensée que non seulement les eaux artésiennes, mais celles qui sourdent spontanément du pied de de l'Atlas ont également leur origine au sud.

M. Rolland répond qu'il attendait M. Lippmann aux sources du pied de l'Atlas. M. Lippmann reconnaît que les eaux du Zab occidental descendent du nord vers l'Oued Rir', mais après un singulier crochet: elles aussi proviendraient d'abord souterrainement du Sahara central, à 1 000 *km* au sud. Cette appréciation est inattendue, invraisemblable. Les sources en question proviennent évidemment des terrains crétacés et éocènes des montagnes voisines de l'Atlas, de même que celles du Sud tunisien. Ces terrains se voient parfois d'ailleurs, aux griffons des sources.

Comment soutenir que l'Aurès est dépourvu d'eau, quand on a vu les crues énormes, torrentielles, qui chaque hiver et chaque printemps descendent de ces montagnes vers le Melrir? Il y pleut, il y neige beaucoup. On peut admettre qu'il tombe annuellement sur le versant méridional des moyennes de 200 *mm* à 350 *mm* d'eau, suivant les régions. Il y a là tout ce qu'il faut pour la formation de nappes souterraines et les épaisseurs de terrains qui les recouvrent avant leur émergence permettent parfaitement d'expliquer la température des sources de la lisière du bas Sahara.

Pour les animaux rejetés par les puits jaillissants de l'Oued Rir', M. Rolland rappelle son explication, qui les fait venir de lacs artésiens, situés à quelques mètres, et pouvant communiquer par leurs cheminées d'alimentation avec la base des puits. Il la trouve plus simple et plus naturelle que l'hypothèse de M. Lippmann qui leur fait exécuter un voyage souterrain d'un millier de kilomètres, dans des conditions vraiment difficiles à concevoir.

Si l'on a découvert de nouvelles espèces de ces animaux dans l'Oued Rir', au Zab, etc., c'est tout simplement parce qu'on ne les avait pas suffisamment étudiés auparavant.

M. Ed. Lippmann fait alors observer qu'avec l'explication précédente de M. Rolland le lac se viderait lui-même dans le puits ou que l'eau du puits jaillirait par le lac suivant la différence des niveaux.

M. Rolland répond que ces phénomènes se sont produits, par exemple à Tissidla.

M. E. Badois pense qu'il y a lieu d'observer que les eaux ne se transportent pas exclusivement par la voie souterraine ; elles ont aussi la voie aérienne. Il est très possible que les eaux de surface et souterraines du Nord proviennent de l'Atlas ; mais, à son avis, leur origine vraie serait au sud. Elles proviendraient de l'évaporation des eaux tombées en abondance sur les massifs du sud où naissent le Nil et le Congo ; les nuages ainsi formés, après avoir suivi le fond de la plaine saharienne où ils se dilatent viennent crever sur les sommets plus froids de l'Atlas, donnant naissance aux différentes sources signalées par M. Rolland. En tout cas, il serait intéressant, pour être fixé sur la valeur de la théorie de M. Lippmann, de savoir si des forages pratiqués dans la partie médiane du bas Sahara donneraient de l'eau, et dans quelles conditions.

M. Rolland répond à M. Badois que les météorologistes n'ont jamais admis que les nuages qui crèvent sur l'Atlas viennent ainsi du sud ; si tout le monde admet qu'il pleut plus qu'on ne le pensait sur le Tassili des Azdjer, il ne faudrait cependant rien exagérer. L'hiver signalé par M. Foureau était « particulièrement pluvieux ». C'est, en somme, une région très médiocrement pluvieuse, par comparaison avec l'Aurès et avec les régions tempérées du nord.

M. J. Bergeron, répondant à M. Badois, ne croit pas possible que les nuées formées sur l'Ahaggar, le Tassili des Azdjer et les massifs montagneux du sud du Sahara, viennent se condenser sur le versant sud de l'Atlas algérien. Il existe, en effet, un courant d'air suivant la direction N. E.-S. O. qui correspond aux vents alizés. Ce courant d'air vient des régions désertiques de l'Asie ; il est sec et doit entraîner les vapeurs formées dans le haut pays du sud, dans une tout autre direction que celle qu'elles devraient suivre pour gagner l'Atlas.

M. J. Bergeron pense, comme M. G. Rolland, que la région du Tassili des Azdjer n'est pas pluvieuse au même titre que les régions montagneuses du nord de l'Europe ; mais cependant il doit y tomber à de certaines époques de grandes quantités d'eau, des pluies tropicales, dont l'abondance peut équivaloir à celle des pluies qui tombent dans les régions septentrionales. Ces eaux imprègnent les sédiments paléozoïques et peuvent alimenter en abondance les nappes souterraines qui descendent vers le sud ; elles sont d'ailleurs protégées contre l'évaporation par l'épaisse couche de terrain crétacé qui les recouvre à partir de l'El Djoua.

Quant aux crabes et aux poissons ramenés au jour par les eaux artésiennes, M. J. Bergeron les ferait venir de l'est plutôt que du nord ou du sud. Les crabes sont des crustacés d'origine certainement marine. qui peuvent vivre, il est vrai, dans des eaux saumâtres, même très peu salées. Mais ceux-ci ont dû venir de la Méditerranée, et étant donnée la

topographie des lieux qui a peu changé depuis l'époque pléistocène ou quaternaire, c'est du golfe de Gabès qu'ils se sont avancés jusque dans la région du Chott Melrir, d'où ils se sont répandus dans les cours d'eau où on les a signalés. La mer intérieure n'ayant très vraisemblablement jamais existé, ce n'est pas par elle qu'ils ont pu parvenir si loin vers l'ouest, mais par un fleuve qui, à l'époque pléistocène, occupait la dépression des chott (chott Melrir, chott Djerid, etc.). A ce moment, il y a eu dans toute la région saharienne d'abondantes précipitations atmosphériques, ainsi qu'en témoigne le modelé du terrain, là où il n'est pas caché sous les sables.

C'est alors que se sont creusées les vallées ou oued dont il a été si souvent question à propos des eaux sahariennes, oued qui amenaient les eaux dans la dépression des chott, la seule qui aboutit à la mer. Les crabes pouvaient remonter le fleuve ainsi formé. Mais à mesure que la région saharienne se desséchait, les crabes et les poissons se sont enfoncés plus profondément dans la vase ou le sable, pour y trouver l'humidité qui leur était nécessaire. Ils s'y sont perpétués jusqu'à nos jours, et les eaux artésiennes nous en ramènent de temps à autre quelques exemplaires entraînés par les courants que finissent par produire les eaux ascendantes.

M. Rolland dit qu'il est tout à fait d'accord avec M. Bergeron concernant son tableau physique du Sahara avant l'époque actuelle, analogue à celui qu'il en a tracé lui-même dans sa *Géologie du Sahara*. Il trouve très rationnelles les indications de M. Bergeron sur la migration du crabe venu des eaux de la Méditerranée par la zone des chotts vers l'Oued Rir'.

Personne ne demandant plus la parole, la discussion est close.

M. le Président remercie très sincèrement M. Rolland de la communication qu'il a bien voulu venir faire au milieu de nous.

L'importance de la discussion qui l'a suivie montre combien la question est d'actualité; pour terminer, il souhaite que l'eau de quelque origine que ce soit, se rencontre partout en abondance et favorise l'établissement du chemin de fer transsaharien.

M. Rolland affirme à ce sujet que le chemin de fer transsaharien trouvera suffisamment d'eau pour l'alimentation de ses locomotives, qu'il s'agisse d'eau venant du nord ou du sud.

M. le Président est heureux d'annoncer qu'à la suite du vote de la séance, M. Alfred Picard est élu membre honoraire de la Société.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. Ch. Balsan, L.-A. Bize, P.-E. Boynet, E. Brandt, N. de Escoriaza, L. Hachnoff, F.-R.-H. d'Huart, N.-N. Khitrovo, F. Lewandowski, M. Plowes, H. Poutet, G.-G.-Ch. Szersnovicz, comme membres sociétaires et de MM. J. Hagienoff, E. Mimard, et A. Seydoun comme membres associés.

MM. A. Aubaille, G.-P. Bastien, A.-P. Berthelin, J. Bilbie, A. Bour, H.-A. Bourdoux, E.-H. Brunet, F.-A. Carchereux, A. Cathelin, M.-E. Cros, L.-P.-L. Delahaye, Ch. Dessin, Ch.-M. Dorémieux, R.-M.-J. de la

Faye, L.-J.-M. Fraud, J. Gordeienko, Ch.-A. Guilliot, Ch. Hazelaire, P.-V. Herman, H. d'Huart, V. Kourdumoff, H.-O. Laurain, P. Lavie, G.-G. Martine, O. Ossent, N.-T.-E. Pakyne, V.-N.-A. Pasque, J.-H. Pinguet, D.-A. Ponchez. L. Pornin, E.-Ch.-A. Presser, A.-J. Tissier, G. Trasenster, P. Wurth, sont reçus membres sociétaires, et MM. A.-V. Canuet, L. de Deken, J. Gauchard, C.-A. Picquenet sont reçus membres associés.

La séance est levée à 11 heures et demie.

Le Secrétaire,
A. Lavezzari.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 MAI 1898

Présidence de M. J. Mesureur, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de plusieurs Collègues :

M. Henri Schneider, Membre de la Société depuis 1878. Il est inutile de rappeler ses titres et qualités universellement connus ; on sait la place considérable qu'occupait notre Collègue dans l'industrie et sa situation était prépondérante non seulement en France, mais aussi à l'étranger où il portait glorieusement le drapeau de l'industrie française. La Société ne peut manquer de s'associer au Président en envoyant à la famille du défunt le témoignage de ses vives condoléances. *(Approbation unanime.)*

M. Loreau, notre Président, s'est fait un devoir, après avoir assisté au service religieux célébré à Saint-Philippe-du-Roule, d'aller au Creusot où aura lieu l'inhumation, accompagner jusqu'à sa dernière demeure, les restes d'Henri Schneider ;

M. A. Agnès, Membre de la Société depuis 1867, a été l'Architecte de la nouvelle prison cellulaire de Béthune, de l'asile d'aliénés de Saint-Venant, des écoles normales d'Arras, etc., et Architecte en chef du département du Pas-de-Calais ;

M. Ch.-L. Decé, Membre de la Société depuis 1887, a été directeur du tramway de Bayonne à Biarritz.

Nous avons reçu au sujet de la mort de notre Collègue, M. de Boro-

dine, décès qui a déjà été annoncé dans la séance précédente, une notice du journal russe l'*Ingénieur ;* ce document sera utilisé par notre Collègue M. A. Mallet, qui s'est chargé de la rédaction d'une note biographique pour le Bulletin.

M. le Président a reçu de notre Collègue M. Biver, une lettre dans laquelle il rappelle la carrière d'Auguste Bauquel dont le décès a été également annoncé dans la dernière séance ; nous en extrayons les détails suivants qui n'avaient pas été mentionnés :

Sorti second de l'École Centrale, en 1855, Bauquel entra l'année suivante à la Compagnie de Saint-Gobain où il fit toute sa carrière.

Il comptait quarante-deux années de service au moment de sa mort et dirigeait la glacerie de Cirey depuis 1886. Verrier émérite, Bauquel transforma complètement, et de la façon la plus heureuse, la vieille usine de Cirey.

Décoré de la Légion d'honneur et de l'ordre de Léopold de Belgique, Bauquel était aussi conseiller général du canton de Cirey.

M. le Président adresse aux familles de ces Collègues l'expression de nos vives condoléances.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que notre Collègue M. A. Pourcel a été nommé Membre du Comité d'admission de l'Exposition de 1900, groupe XI, classe 65, mines et métallurgie.

M. le Président fait part que M. Belelubsky, Membre honoraire de la Société, a fait un don de 50 *f* et lui adresse ses plus sincères remerciements.

M. le Président signale parmi les ouvrages reçus depuis la dernière séance :

Le *Manuel pratique du teinturier*, par J. Hammel et F. Dommer (Bibliothèque des actualités industrielles, n° 67), offert par M. Bernard-Tignol, éditeur.

Le *Traité pratique des marques de fabrique et de commerce*, par M. Armengaud aîné, offert par l'auteur.

M. le Président donne connaissance de divers avis de Congrès qui nous sont parvenus et auxquels on nous demande de désigner des délégués ; ce sont :

Deuxième Congrès de l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle, Londres, juin 1898 :

Délégués proposés par le Comité : MM. Bert, Maunoury.

Quatrième Congrès annuel de la propriété bâtie de France, Marseille. les 1, 2, 3 et 4 juin 1898 :

Délégué proposé par le Comité : M. Génis.

Conférence nationale des Sociétés d'habitations ouvrières, à Bruxelles, les 15, 16 et 17 juillet 1898 :

Délégué proposé par le Comité : M. Cacheux.

Comité d'action Suisse pour l'unification des filetages. Le Congrès qui doit se tenir à Zurich a été remis à l'automne prochain :

Délégués proposés par le Comité: MM. Kreutzberger, Baclé, G. Richard et nos correspondants de Suisse.

Troisième Congrès international de chimie appliquée à Vienne, en juillet 1898 :

Délégués proposés par le Comité : MM. Gallois, Derennes, Th. de Goldschmidt.

La nomination de ces divers Collègues comme délégués est ratifiée par l'Assemblée.

M. le Président prie, en outre, les Membres de la Société qui désireraient être délégués ou qui connaîtraient des Collègues dont les noms auraient été omis sur ces listes de vouloir bien le faire connaître le plus tôt possible au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT donne connaissance du programme arrêté ce jour pour les fêtes et réunions qui auront lieu à l'occasion du Cinquantenaire de la Société.

Vendredi 10 juin 1898.

A 10 h. Réunion à l'Hôtel de la Société des Ingénieurs Civils de France, 19, rue Blanche. Réception des invités et discours de bienvenue. Organisation des travaux.

Le soir, Réunion au Conservatoire des Arts et Métiers.

Samedi 11 juin 1898.

A 10 h. Conférence à l'Hôtel de la Société sur l'Exposition universelle de 1900 et ses travaux.

A 2 h. Embarquement sur bateaux spéciaux au pont de la Concorde. Descente de la Seine. Visite des chantiers de l'Exposition.

A 9 h. A l'Hôtel de la Société. Réception ouverte de 9 heures à minuit. Il y aura un orchestre et un buffet; comme les dames seront invitées à cette réunion, il est probable qu'elle se terminera par quelques danses, sans toutefois se prolonger trop avant dans la nuit.

Dimanche 12 juin 1898.

A 2 h. Inauguration du monument élevé à la mémoire d'Eugène Flachat (intersection des rues Brémontier, de Neuville et Eugène-Flachat).

Lundi 13 juin 1898.

A 10 h. A l'Hôtel de la Société. Conférences 1° sur les automobiles, par M. Diligeon ; 2° sur les moteurs pour automobiles, par M. R. Soreau ; 3° sur les automobiles électriques, par M. Ch. Jeantaud.

A 2 h. Visite de l'Exposition des automobiles (jardin des Tuileries).

A 8 h. Hôtel Continental. Banquet. Ce banquet, qui devait primitivement avoir lieu le dimanche, a dû être retardé d'un jour sur la demande de plusieurs invités des plus notables qui se trouvaient empêchés d'y assister au jour fixé.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. A. Mallet qui va présenter l'analyse du *Traité pratique de la machine locomotive* de M. Demoulin.

M. A. MALLET donne de cet ouvrage, édité par MM. Baudry et C^ie^,

un compte rendu très développé qui sera reproduit *in extenso* au Bulletin de mai ; aussi n'en est-il donné ici qu'un résumé sommaire.

L'ouvrage de M. Demoulin, qu'on peut considérer comme le plus important qui ait été publié jusqu'ici sur la machine locomotive, au moins en France, bien qu'il ne traite que de la locomotive à voie normale, est précédé d'une introduction due à la plume autorisée de M. Ed. Sauvage, Ingénieur et Professeur à l'École nationale des Mines.

Le livre comprend quatre volumes et est divisé en trois parties.

La première partie est consacrée à l'examen des différents types de locomotives. Après avoir établi les classifications que l'on peut employer pour distinguer ces machines, classifications basées, soit sur leurs dispositions mêmes, soit sur leur emploi dans le service des chemins de fer, l'auteur passe en revue les différents types que l'on rencontre actuellement tant en France qu'à l'étranger. Les figures qui accompagnent cette partie ne représentent pas moins de 250 modèles.

La seconde partie traite du fonctionnement de la locomotive, représenté par les trois opérations grâce auxquelles le calorique contenu dans le combustible se transforme en travail, composé lui-même d'effort de traction et de vitesse ; ces opérations sont : la *combustion* qui s'opère dans le foyer, la *vaporisation* dans la chaudière et l'*utilisation de la vapeur* dans la machine proprement dite. Cette dernière, qui se manifeste finalement par la rotation d'un essieu, se transforme elle-même en effort de traction par l'intermédiaire de l'*adhérence*.

Cette partie constitue ce qu'on peut appeler la *physiologie* de la locomotive. Elle comprend les grandes améliorations apportées depuis une vingtaine d'années au fonctionnement de la locomotive comme appareil à vapeur, améliorations dont les plus importantes sont l'introduction des distributions perfectionnées et celle du système compound, et au sujet desquelles l'auteur entre dans de grands développements.

La troisième partie comprend ce qu'on pourrait appeler l'*anatomie* de la locomotive, c'est-à-dire la description détaillée de toutes les parties qui composent les trois classes constituant les organes de la locomotive, savoir : la chaudière, la machine et le véhicule.

Il suffira, pour donner une idée de l'importance de cette partie, de dire que les descriptions qui y sont données sont illustrées par 660 figures.

L'auteur a parfaitement réalisé son but, qui était de faire connaître à fond et apprécier à sa juste valeur la locomotive, laquelle, contrairement à une opinion assez répandue, n'a pas encore atteint sa limite de puissance et, loin d'être un moteur arriéré et entravé par de strictes limitations, constitue une machine simple, économique et admirablement adaptée au travail qu'on lui demande. Ce sont des vérités qu'on ne saurait trop répéter aujourd'hui.

M. le Président remercie M. Mallet de l'importante analyse qu'il a présentée avec sa grande compétence de cet intéressant ouvrage.

Il donne ensuite la parole à M. Lencauchez pour ses communications : 1° sur un *procédé de durcissement de la pierre calcaire et des enduits à base de chaux;* 2° sur *l'utilisation de la vapeur*.

M. A. Lencauchez traite rapidement la première partie de sa communication.

Comme chacun le sait, les parements des pierres calcaires se dégradent et noircissent rapidement ; il en est de même des enduits à base de chaux carbonatée ou sulfatée, etc., employés généralement dans les constructions économiques.

Pour éviter ces inconvénients, M. Lencauchez s'est proposé de déterminer à leur surface la production d'une couche dure et inaltérable, en y faisant pénétrer sous une faible épaisseur un liquide, qui tout en assurant les avantages susindiqués, ne modifie pas la teinte naturelle de la pierre ou la blanchit légèrement à volonté et cela, sans en modifier le grain ni la beauté architecturale, qu'un badigeonnage lui ferait perdre.

Ce résultat a été obtenu par l'application d'une solution d'hydrate de baryte.

Cette solution barytique posée sur les pierres ou enduits y pénètre par capillarité en passant à l'état de carbonate ou de sulfate de baryte dur et inaltérable, d'une insolubilité absolue.

Quand la baryte s'est substituée à la chaux, celle-ci est mise en liberté et se carbonate lentement à l'air en durcissant encore.

Cette carbonatation lente de la chaux peut être activée par un lavage à l'eau chargée d'acide carbonique ; ce procédé a en outre l'avantage de conserver plus intacte encore la couleur de la pierre ou de l'enduit que la carbonatation lente.

Cette opération peut être faite pendant la construction ou après grattage ou à l'époque du nettoyage des façades ; elle se pratique aussi bien à la lance qu'au pinceau et à chaud ou à froid.

M. Lencauchez fait passer quelques échantillons de pierres ainsi traitées. Il aborde ensuite la deuxième partie de sa communication.

M. Aug. Moreau demande quelques explications au sujet de la première communication de M. Lencauchez. L'opération si connue de la silicatisation s'explique parfaitement au point de vue chimique : on dissout un silicate alcalin qui réagit sur le carbonate de chaux donnant naissance à un silicate de chaux qui produit un véritable vernis inaltérable. Mais avec la baryte, l'explication n'est pas aussi facile, et on ne voit pas comment deux corps insolubles peuvent réagir l'un sur l'autre.

M. A. Lencauchez fait remarquer que la baryte est soluble dans une proportion assez notable puisqu'un mètre cube d'eau peut en dissoudre 70 *kg*, ce qui fait du 7 0/0.

M. A. Moreau ne pense pas, même en tenant compte de cette solubilité de la baryte, qu'il puisse y avoir réaction notable sur le carbonate de chaux, même avec pénétration due à la porosité des pierres de cette nature. Cela admis, y a-t-il avantage sur la silicatisation au point de vue du résultat ou du prix de revient ?

M. A. Lencauchez rappelle que la silicatisation fend la pierre et lui donne une patine désagréable. Il n'en est pas de même avec la baryte. En ce qui concerne le prix de revient, la baryte à 50 0/0 d'eau coûte

23 *f* les 100 *kg* ; la dite baryte cristallisée ayant 10 équivalents d'eau (BaO+10HO), on voit que la baryte monohydratée (BaO+HO) ou baryte calcinée ou utile, arrive au prix de 46 *f* environ ; par suite avec une tonne valant 460 *f* on pourrait faire le lavage entier d'une maison ordinaire.

M. A. Lencauchez résume ainsi son mémoire sur l'*utilisation de la vapeur*, qui renferme 31 paragraphes et plus de 70 pages :

Messieurs, les épreuves de mon mémoire ayant été adressées à un grand nombre de nos Collègues, qui peuvent être, bien entendu, les plus intéressés dans la question, je le résume ainsi :

1° J'ai voulu comparer entre elles les machines les plus nouvelles d'Europe et d'Amérique, considérées comme les plus parfaites, sous tous les rapports et à ce sujet j'ai emprunté aux expérimentateurs les plus savants les résultats qu'ils ont obtenus, en ayant bien soin d'indiquer les ouvrages, mémoires, notes et journaux industriels, où on trouve ces résultats, en donnant les titres, numéros et pages à consulter. Je ne puis donc m'être trompé et si on peut constater dans mon mémoire une erreur, elle ne peut donc être qu'une faute d'arithmétique, facile à redresser ;

2° Les machines que j'ai comparées sont des Sulzer et des Corliss ou leurs dérivées, si nombreuses aujourd'hui et du reste les plus médiocres de ces bonnes machines ne dépensent que 7 *kg* de vapeur par heure et par cheval indiqué et les meilleures 5,200 *kg* : donc si je n'oppose aux machines que je considère comme parfaites, qui consomment 5,200 *kg* par cheval indiqué et par heure, que des machines ne consommant que 7 *kg*, on ne peut m'accuser d'avoir choisi à dessein les types que je voulais favoriser de parti pris : loin de là, j'ai voulu être d'une impartialité absolue et j'espère y être parvenu ;

3° Pour distinguer chaque type, j'ai admis ce classement pour leur système de construction :

a) Machines à simple expansion, soit à détente dans un seul cylindre.

b) Machines à double expansion Woolf, c'est-à-dire machines où les deux pistons marchent ensemble et parallèlement et où le petit cylindre échappe dans le grand *dit de détente ;* l'échappement du petit étant simultané à l'introduction au grand. sans capacité régulatrice intermédiaire, les machines dites tandem sont dans le même cas et sont donc des Woolf.

c) Machines compound à deux cylindres, un petit et un grand, mais où les manivelles sont calées à 90°, et où l'échappement du petit cylindre se fait dans une capacité intermédiaire servant de régulateur pour alimenter le grand cylindre.

d) Machines à triple expansion ou à deux transvasements.

e) Machines à quadruple expansion ou à trois transvasements.

Ici, avant de quitter le sujet, je ferai remarquer qu'il ne faut pas confondre le type Woolf ou tandem avec le type compound, qui exige une capacité intermédiaire et une chute de pression avec deux manivelles à 90° ;

4° Il faut encore distinguer dans ces cinq types *a*, *b*, *c*, *d* et *e* trois divisions d'emploi de la vapeur :

f) Les machines marchant à la vapeur saturée.

g) Les machines marchant à la vapeur surchauffée.

h) Les machines marchant à la vapeur séchée et surchauffée dans ses transvasements, par de la vapeur à plus haute pression, *donc à plus haute température*, par des appareils tubulaires à vapeur, rappelant les vaporisateurs à vapeur des sucreries, par leur forme et le mode d'emploi.

5° Les tableaux du mémoire 1, 2, 3, 4 et 5 donnent les dépenses de vapeur et de calories réclamées *par toutes ces machines à condensation*, marchant sous des pressions de 5,2 *kg* jusqu'à 27,9 *kg*. Le tableau 5, résumant les quatre premiers, fait voir que par toutes ces machines des plus perfectionnées, de la puissance de 300 à 1 000 *ch*, de tous les types *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* et *h* combinés, la dépense de calorique total réclamé par heure et par cheval indiqué ne varie qu'entre les valeurs comparatives de 1 à 1,30, et que la meilleure de toutes ces très bonnes machines ne doit sa supériorité qu'à ses excellents vaporisateurs-surchauffeurs à courant de vapeur, type des sucreries. Or, à ce sujet, j'ai un certificat disant, en 1878, que sur des machines monocylindres à condensation et à grande détente au 1/15, la circulation forcée dans des enveloppes existantes avec retour des purges aux chaudières *(absorbant sans perte 13 0/0 de vapeur vive)* donne une économie de 8 0/0 sur les mêmes machines marchant avec leurs enveloppes-chemises de vapeur, sans la circulation forcée donnée par une pompe alimentaire combinée avec ma pompe d'extraction par condensation, que l'on peut voir planche 6 dans l'atlas de mon ouvrage sur *les Combustibles de 1878* et dans mon Mémoire *(fait en collaboration avec M. Durant)*, qui se trouve au *Bulletin* de la Société des Ingénieurs Civils de France de juin 1890;

6° Les paragraphes suivants et les tableaux 6 à 11 traitent des machines à vapeur sans condensation et principalement des locomotives. Le tableau 6 fait voir que, sur neuf machines essayées dans les mêmes conditions, ce n'est pas la compound qui est la première : quoique ces machines locomotives soient des plus dissemblables entre elles, sous tous les rapports, le plus grand écart n'est encore que de 1 à 1,30 et la supériorité semble acquise à celle qui a la meilleure chaudière vaporisant 9,65 *kg* d'eau par kilogramme de charbon-type sous pression de 12 *kg;*

7° Les essais faits à la Compagnie des chemins de fer de l'Est, en janvier et février 1897 (1), pour comparer une locomotive du Midi à quatre cylindres à celles de l'Est, types 813 à 840, relatés par le tableau 10, sommairement, font voir qu'une machine à quatre cylindres à transvasement, avec manivelles des deux groupes calées à 162° pour faciliter les démarrages, etc., n'a réalisé qu'une économie moyenne de 11 0/0, alors qu'en supériorité comme vaporisateur, comme poids mort, comme faci-

(1) On peut voir à ce sujet un très remarquable mémoire de M. L. Salomon, Ingénieur en chef, dans la *Revue générale des chemins de fer*, numéro de septembre 1897.

lité d'échappement, elle devait réaliser celle de 20 à 24 0/0; mais comme tous ces avantages ne peuvent toujours se réaliser en même temps, on conçoit que les 11 0/0 d'économie constatée représentent bien la moyenne de tous les avantages dont elle a bénéficié et qui sont étrangers aux quatre cylindres et au compoundage.

Mais si l'on veut bien tenir compte de ce que la locomotive compound du Midi a marché toujours sous une pression moyenne de 5 *kg* plus élevée que celles de l'Est, on est amené à dire avec M. Dugalet Drummond, Ingénieur en chef d'un des principaux chemins de fer anglais, que cette augmentation de pression aurait dû donner, à elle seule, une économie de 31 0/0, et qu'alors la locomotive du Midi à quatre cylindres, semblable à celles du chemin de fer du Nord dont il va être question, aurait dû faire une économie totale de 11 + 31 = 40 à 42 0/0;

8° Le tableau 11 fait voir que, dans les essais faits depuis 1885 jusqu'à ce jour, six locomotives comparées, prises parmi les plus parfaites, ont dépensé depuis 0,036 *kg* jusqu'à 0,084 *kg* de charbon par tonne kilométrique remorquée sur des profils faciles, mais que le poids mort relatif est la cause de la plus grande dépense; ainsi la même locomotive qui dépense 0,084 *kg* par tonne kilométrique en remorquant 150 *t* à la vitesse de 75 *km* à l'heure ne consomme plus que 0,045 *kg* sur le même profil en remorquant 303 *t* à la vitesse de 63 *km*; il y a, du fait de la charge remorquée et de la vitesse, une économie de 53 0/0 par tonne, ce qui fait qu'en une telle matière il est bon d'être très réservé;

9° Les paragraphes suivants citent les mémoires et les travaux d'un grand nombre d'Ingénieurs en chef des chemins de fer d'Angleterre qui, n'ayant trouvé que des défauts aux locomotives compound à *deux* ou à *trois* cylindres, les abandonnent et les transforment en machines ordinaires. Parmi ces messieurs, certains font des locomotives à haute pression et à quatre cylindres *(indépendants)*, à simple expansion en supprimant l'accouplement, et d'autres font des locomotives Woolf à quatre cylindres *(sans capacité intermédiaire)* groupés deux à deux *(indépendants)*, où dans chaque groupe les deux pistons, avec leurs pièces de mouvements, sont en équilibre sur leurs longerons, leurs deux manivelles étant calées à 180°;

10° Enfin, nos conclusions sont :

a) Que toutes les machines à vapeur faites avec tous les derniers perfectionnements connus et consacrés par la pratique se valent à 1 0/0 près, qu'elles soient à un, à deux, à trois ou à quatre cylindres à transvasement;

b) Que la condensation n'est pas indispensable pour arriver au minimum de consommation de vapeur ou de calorique;

c) Que la surchauffe des enveloppes des cylindres par un courant de vapeur à haute pression, avec retour des purges et de la vapeur en excès aux chaudières, est actuellement une des plus grandes sources d'économies pratiques réalisables;

d) Que le réchauffage de l'eau d'alimentation à 100° pour l'introduire aux chaudières à 97 et 98° est aussi la seconde source des plus grandes économies à mettre en pratique;

e) Que le maximum d'économie réalisable pratiquement avec les machines les plus parfaites et pour les grandes puissances consiste, pour 1 000 *ch* par exemple, à en avoir 800 à condensation et 200 à échappement dans un réchauffeur-épurateur de l'eau d'alimentation la portant à 100° pour l'introduire à 97 et 98° dans toutes les chaudières alimentant le groupe des 1 000 *ch*, soit donc à avoir 1/5 sans condensation pour alimenter le tout à 98°.

M. LE PRÉSIDENT pense que les explications de M. Lencauchez, au sujet de sa première communication, donnent toute satisfaction, d'autant plus qu'il n'a eu d'autre but que de faire connaître un procédé nouveau qui lui a paru intéressant; avant de passer à la discussion de la dernière communication, il fait remarquer que l'heure avancée obligera à en remettre une partie à une autre séance, d'autant plus qu'en dehors des observations qui pourront être faites par les Membres présents il a reçu un grand nombre de lettres de divers Collègues qui n'ont pu venir, et qu'il sera très intéressant de connaître.

M. A. MALLET fait observer que, dans une citation faite par M. Lencauchez d'une note de sa chronique d'octobre 1887, note qui est le résumé d'un article de notre Collègue M. le Professeur Thurston, le texte se présente de telle sorte que le sens et la portée en sont complètement changés.

M. Lencauchez dit qu'à la suite de la destruction d'une machine à quadruple expansion, on l'a remplacée par un moteur compound d'égale puissance qui donne aujourd'hui une économie réelle sur le précédent, et il ajoute : rien ne prouve qu'une machine monocylindrique n'eût pas été encore plus économique. Comme le sens du mot économique n'est pas précisé, les personnes qui liront cette citation peuvent croire qu'il s'agit ici d'économie de charbon ou de vapeur.

M. Thurston disait : La machine Compound remplaçant un moteur à quadruple expansion, on a trouvé que la réduction de dépense de combustible qu'on réalisait avec le précédent moteur était plus que compensée par le coût plus élevé d'établissement, lorsque la machine ne fonctionnait que 10 heures par jour et que le charbon ne coûtait que 13 *f* la tonne.

Il s'agit donc ici simplement d'un cas particulier dont M. Lencauchez a tiré une déduction générale.

Une lettre de MM. Sulzer frères écrite à propos d'une discussion sur ce sujet et publiée dans le journal de l'*American Society of Mechanical Engineers*. 1897, page 821, met ce point parfaitement en lumière :

« Nous trouvons une différence de 1 *kg* de vapeur par cheval-heure en faveur de la machine à triple expansion, comparativement à la compound pour des puissances semblables, toutes choses égales d'ailleurs, et les chaudières pourront être réduites d'autant. C'est une question de balance à établir entre la dépense d'établissement plus élevée et la dépense de combustible plus faible. Quand le charbon est bon marché, la compound est préférable, mais, dans bien des cas, par exemple en Suisse, dans une partie de l'Allemagne, en Russie, en Autriche (et ces Messieurs auraient pu ajouter en France) les conditions sont telles que

la machine qui consomme le moins se trouve être finalement la plus avantageuse. »

M. A. Lencauchez répond qu'il a dû, en rédigeant les tableaux qu'il a établis, se borner à faire des citations prises dans les textes qu'il a consultés, ne pouvant faute de place, les reproduire en entier et il résume ainsi ses conclusions : lorsqu'une machine est construite dans les meilleures conditions, et qu'elle marche à une pression ne dépassant pas 7 à 8 *kg*, peu importe qu'elle soit monocylindrique, compound, à triple ou quadruple expansion, à vapeur saturée ou surchauffée, la dépense de calories par heure et par cheval sera toujours la même. Si, en citant l'article de M. Mallet, il a dit qu'une machine monocylindrique aurait peut-être été plus économique, ce ne pouvait être qu'au point de vue des frais de premier établissement, car suivant le principe même de M. Lencauchez, la consommation restait la même.

Sur une demande de M. le Président, M. Lencauchez ajoute, du reste, qu'il aura soin dans son mémoire de compléter la phrase qui fait l'objet de la réclamation de M. Mallet.

M. Ch. Compère, sans vouloir présenter toutes les observations que lui a suggérées l'importante communication de M. Lencauchez, en la suivant paragraphe par paragraphe, croit devoir, néanmoins, appeler l'attention de ses Collègues sur des idées d'ensemble qui s'en dégagent, en ce qui concerne les machines à vapeur fixes, non locomotives.

M. Lencauchez a refait en somme, le procès des machines compound et de la surchauffe. En ce qui concerne les machines compound, il a été bien écrit et bien discuté sur la question et il est probable que l'on continuera à en parler encore tant que cette question ne sera pas bien posée; elle doit, en effet, être posée de la façon suivante :

Il ne faut comparer que des machines ayant le même cylindre à vapeur, c'est-à-dire la même surface d'espaces nuisibles, les mêmes proportions, comme diamètre et course, la même circulation d'enveloppe, la même distribution, etc., on verra alors que si la machine monocylindrique est économique, le compoundage de cette même machine *peut* la rendre plus économique encore, M. Compère dit *peut*, car il y a lieu de tenir compte des éléments en jeu dans la compound, à savoir : les condensations à l'admission et l'influence des espaces nuisibles étant plus faibles tendent à diminuer la consommation, tandis que la perte de travail entre les deux cylindres tend à l'augmenter ; cette perte peut être très grande dans les machines à tiroirs plans; c'est du jeu de ces divers facteurs que dépend la plus ou moins grande économie des machines compound.

En d'autres termes, si l'on cherche dans la compound un moyen d'améliorer une machine à cylindre défectueux, il se peut que cette machine consomme plus qu'une machine monocylindrique, établie suivant un autre modèle bien étudié.

En ce qui concerne la surchauffe, elle donne surtout de l'économie, malgré la dépense de charbon dans les surchauffeurs, s'ils sont à foyers indépendants, quand les machines ne sont pas économiques par elles-mêmes.

M. Lencauchez a paru indiquer comme installation type au point de

vue économique, celle d'une machine monocylindrique alimentée par deux chaudières, l'une à pression moyenne pour la vapeur entrant dans les cylindres, l'autre à haute pression, pour les enveloppes. Cette installation serait bien compliquée et M. Compère résume sa pensée en confirmant qu'avant d'avoir recours au compoundage, à la surchauffe, à la circulation à haute pression dans les enveloppes, etc., il faut chercher à avoir des cylindres à vapeur bien étudiés au point de vue thermodynamique; c'est dans cette voie que les constructeurs travaillent en ce moment et il y a tout lieu de les en féliciter.

Il se peut malgré cela que dans les machines à grande vitesse, il soit préférable d'avoir recours à la double, à la triple et même à la quadruple expansion pour mieux équilibrer les forces en jeu. Comme ces machines sont déjà économiques par leur grand nombre de tours, il devient alors inutile de les compliquer par des enveloppes et autres dispositifs économiques.

M. A. Lencauchez pense qu'il est bien près d'être d'accord avec M. Compère; il conteste seulement l'intérêt qu'il peut y avoir à adopter la triple ou quadruple expansion avec les machines à très grande vitesse, tandis qu'au contraire le compoundage peut être intéressant pour des machines très lentes, parce qu'il uniformise mieux l'effort moyen sur les pistons.

Si on veut adopter une plus grande détente, au moyen de cylindres successifs, cela n'est intéressant qu'à la condition d'aborder des pressions de 14 à 15 *kg* pour les machines sans condensation.

Pour la surchauffe, son mémoire est absolument d'accord avec M. Compère; enfin, en ce qui concerne le passage de la vapeur à haute pression dans l'enveloppe, il est bien entendu que M. Lencauchez ne le recommande que pour de très grandes puissances; pour des forces moyennes l'économie serait trop peu importante. Il y a cependant un moyen simple de réaliser cette condition avec une seule chaudière quand il y a un régulateur de pression intercalé entre la chaudière et la machine. On peut alors envoyer la vapeur détendue dans le cylindre et la vapeur vive dans l'enveloppe.

M. F. Barbier dit que du volumineux et substantiel mémoire de notre Collègue il semble se dégager, comme l'a fait remarquer M. Compère, cette conclusion que les machines compound ne sont pas plus économiques que les moteurs à simple expansion, et que leur complication doit les faire rejeter, dans bien des cas, pour les machines fixes ainsi que pour les locomotives.

Parmi les critiques adressées aux locomotives compound, il a remarqué particulièrement celle-ci : ces machines manquent de souplesse. Il pense que M. Lencauchez veut dire par là qu'elles ne peuvent s'adapter aussi bien que les locomotives ordinaires aux besoins si divers de l'exploitation, que les résistances qu'elles doivent vaincre étant très variables, suivant les charges, les vitesses, les profils, elles n'ont pas l'élasticité de puissance qui leur serait nécessaire pour se plier aux exigences multiples de la traction des trains. Il n'est pas prouvé d'abord que le travail résistant soit aussi variable qu'on le suppose; ainsi, par

exemple, pour remorquer un train de 180 *t* à la vitesse de 85 *km* sur rampe de 5 *mm*, une locomotive express doit développer la même puissance que pour atteindre 102 *km* en palier ou 118 *km* en pente de 5 *mm*. Dans ces diverses hypothèses, qui sont fréquemment réalisées en service courant aux trains rapides du réseau du Nord, les locomotives compound à grande vitesse de cette Compagnie développent une puissance indiquée constante d'environ 1 150 *ch*.

M. F. Barbier montre ensuite, par quelques exemples, que ces machines peuvent, le cas échéant, se prêter à des variations de travail très grandes, lorsque les nécessités du trafic l'exigent absolument. Il cite plusieurs résultats d'expériences, faites l'année dernière avec l'une de ces locomotives (du type construit par la Société alsacienne, sur les indications de notre ancien Président, M. du Bousquet), précisément dans le but de se rendre compte de la souplesse de ces machines et de leur aptitude à remorquer des trains de voyageurs, aux vitesses les plus grandes atteintes sur le continent, ou des trains de marchandises à allure modérée. Les charges ont varié de 100 à 690 *t* et le travail sur les pistons de 400 à 1 300 *ch*. D'après ces résultats, il ne paraît guère fondé de dire que les locomotives compound, qui sont actuellement aussi les plus puissantes qui existent, manquent d'élasticité.

M. A. Lencauchez ne conteste pas la haute valeur des machines compound du Nord et il l'a d'ailleurs répété déjà à plusieurs reprises, mais il constate que ces machines ont des grilles de 2,40 *m* et qu'elles sont timbrées à 14 *kg*, et il pense que si on appliquait ces données à des machines monocylindriques à distribution perfectionnée, permettant de marcher dans de bonnes conditions aux faibles admissions, on aurait des résultats aussi satisfaisants. Il ne pense pas qu'il faille s'effrayer de la complication apparente des distributions genre Corliss; aujourd'hui même dans les forges, on n'hésite pas à les employer, ce qui aurait paru impraticable il y a quelques années; c'est de ce principe qu'il s'est inspiré dans l'étude de la distribution qu'il a imaginée avec M. Durant; et cette distribution seule a permis de réaliser une économie de 10 0/0, c'est-à-dire sensiblement la même que le compoundage des machines du Nord.

M. F. Barbier répond qu'il ne faut pas attribuer, comme le fait M. Lencauchez, l'augmentation de puissance des machines compound aux améliorations tout à fait étrangères au principe de la double expansion qui ont été apportées dans ces dernières années aux locomotives, telles que l'élévation du timbre, l'accroissement de production, etc. Il cite à l'appui de son dire quelques essais comparatifs, — dont les résultats ont d'ailleurs été tous publiés, — que l'on a faits dans l'intention d'étudier l'influence de l'application du système compound à des locomotives absolument semblables à d'autres à simple expansion, ayant le même timbre, les mêmes surfaces de grille et de chauffe, faisant un service identique et ne différant que par leurs cylindres. En particulier, il y a lieu de rappeler : 1° les belles expériences de feu notre Collègue, M. Borodine, en 1886, desquelles il est résulté, en faveur du système compound, une économie de 15 à 20 0/0; 2° celles faites au Nord sur la

locomotive compound à 4 cylindres, n° 701 (la première qui ait paru dans une grande Compagnie de chemins de fer française) et qui ont fait l'objet, ici, d'une communication de M. Pulin en 1889. Cette machine, timbrée à 11 *kg*, a été mise en service, pendant plusieurs mois, concurremment avec des locomotives à grande vitesse dites « Outrance », pour lesquelles la moyenne des dépenses de charbon a été supérieure de 19 0/0 à la consommation de la machine 701. Celle-ci a encore accusé un bénéfice de 8 0/0 par rapport à la locomotive ordinaire ayant donné lieu à la plus faible dépense. Le rapport des consommations d'eau a été de 14,2 à 16, le premier nombre étant relatif à la machine 701; 3° les expériences effectuées également au Nord, en 1888, sur une locomotive à marchandises ordinaire, timbrée à 10 *kg*, comparativement avec une autre machine de la même série sur laquelle M. du Bousquet avait substitué aux cylindres extérieurs deux groupes de cylindres en tandem assurant un fonctionnement Woolf. Ces essais ont conduit à une économie de 12,6 0/0 en faveur de cette dernière locomotive; vingt-trois machines de ce type ont été mises en service à la suite de ces expériences.

De ces quelques exemples, on peut conclure que le gain ou bien, à égalité de dépense de vapeur, l'accroissement de puissance procuré par les locomotives à double expansion est inhérent au principe compound lui-même et non à des causes étrangères à ce perfectionnement.

M. A. Lencauchez fait remarquer qu'en Angleterre M. Webb (1) a abandonné la machine compound à trois cylindres qu'il construisait; il cite encore les travaux de M. D. Drummond, qui a trouvé que par la seule augmentation de 2 *kg* de la pression d'une chaudière de locomotive, il réalisait une économie de 12 0/0, et augmentant encore la pression de 9 *kg* à 14 *kg*, une économie de 31 0/0 avait été constatée; pour lui, l'amélioration qui reste à réaliser porte surtout sur la distribution.

M. F. Barbier dit que M. Lencauchez a bien voulu rappeler dans son mémoire un de ses articles paru dans le numéro du 23 avril dernier du *Génie Civil*, où il signalait, mais seulement comme une tentative qui probablement aurait peu de succès, l'apparition de locomotives à quatre cylindres égaux dans deux Compagnies anglaises; mais il n'en a nullement conclu, comme semble le dire M. Lencauchez, que les locomotives compound sont condamnées en Angleterre; lesdites Compagnies n'employaient pas antérieurement le système compound, elles n'ont donc pas eu à y renoncer. Si les locomotives à double expansion à deux et à trois cylindres paraissent être maintenant en défaveur de l'autre côté du détroit, c'est surtout parce qu'elles sont devenues insuffisantes au point de vue de la puissance. Le système compound à quatre cylindres vient

(1) Dans une lettre en date du 16 mai courant, M. Webb dit à M. le Président qu'il continue à construire des locomotives du type Black Prince (Prince noir) dont il adresse une photographie; mais qu'il a reconnu l'utilité d'augmenter le diamètre des cylindres à basse pression. Il faut remarquer ici que le Black Prince est une locomotive Woolf par deux groupes de deux cylindres Woolf, avec manivelles à 180°, et sans capacité régulatrice intermédiaire, ce qui constitue bien la Woolf-Boudier de 1862. (Voir le *Traité des machines à vapeur* d'Armengaud aîné, pl. 33, 1862.)

d'être appliqué en Angleterre, au North Western, pour lequel notre Collègue, M. Webb, a fait construire deux types de machines : l'un avec fonctionnement Woolf et l'autre avec la disposition compound qui a remplacé un autre type d'essai, avec quatre cylindres, à simple expansion, dont les résultats avaient été défavorables.

M. F. Barbier aurait encore quelques observations à ajouter concernant le mémoire de M. Lencauchez ; mais puisque M. le Président vient d'annoncer que la discussion de cette communication serait continuée dans une autre séance, il les fera ultérieurement.

M. L. Belmère dit qu'il n'a rien à ajouter aux questions de principe exposées par MM. Mallet et Compère, ces Ingénieurs ayant précisé d'une façon très exacte les points qu'il aurait désiré discuter.

M. D. Casalonga regrette que M. Lencauchez n'ait pas terminé son travail par des conclusions faisant connaître nettement les progrès réalisés, ou à réaliser, dans la machine à vapeur, et que semblait faire prévoir le titre de sa communication. Du travail de comparaison auquel s'est livré M. Lencauchez, il résulte que les machines actuelles les plus perfectionnées ont des rendements qui ne diffèrent entre eux que de 1 0/0 et qui sont à peine supérieurs aux rendements des machines de Cornouaille qui consommaient un kilogramme de charbon par cheval-heure, on ne trouve pas que les progrès aient été considérables au point de vue du rendement.

En principe et le degré de détente étant le même on ne comprend pas au premier abord qu'il y ait un changement de rendement parce que l'expansion se fait dans deux, trois ou quatre cylindres plutôt que dans un seul ; mais diverses causes dont quelques-unes viennent d'être indiquées par M. Compère, peuvent faire que la détente dans deux cylindres, ou plus, soit plus avantageuse que dans un cylindre unique. L'égalisation des pressions extrêmes, l'influence des parois réchauffées sont au nombre de ces causes. Évidemment, dans toute machine, à côté du rendement physique il y a des facteurs mécaniques spéciaux qui interviennent, et qui peuvent être un sujet de compensation dans des proportions différentes suivant les cas ; il peut y avoir meilleur rendement mécanique mais non plus fort rendement de la vapeur. Telle machine peut avoir un rendement physique meilleur et un rendement mécanique inférieur. Une modification heureuse dans la distribution, un simple accroissement de section des conduites d'accès de la vapeur peuvent produire un effet contraire. Toutefois dans cet ensemble de moyens divers on n'en voit paraître aucun qui augmente sensiblement le rendement de la chaleur incorporée à la vapeur, rendement si inférieur à celui des moteurs à gaz.

M. A. Lencauchez est d'accord avec M. Casalonga ; en ce qui concerne le titre de sa communication, il se peut qu'il ne corresponde pas exactement à la nature de son travail, cependant il lui a paru être celui qui s'y rapportait le mieux.

M. le Président propose, en raison de l'heure avancée, de remettre à une séance ultérieure la discussion de la communication de M. Lencauchez.

Il se félicite de la voir prendre une si grande importance, qui prouve tout l'intérêt qui s'attache à l'important travail de M. Lencauchez ; aussi l'en remercie-t-il vivement ainsi que les Collègues qui ont pris part à la discussion.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. E. Auer, W.-H.-W. Bagshawe, A.-L. Bernaville, H. Blapka, A. Boutan, E.-J.-L. Brunswich, P. Darcy, P.-A. Darracq, M.-G. Dehesdin, A.-L.-E. de Dietrich, J.-A. Drioton, E. Félix, J. Gonçalves Chaves, G. Grené, Ch.-A.-M. Jacquet, P. Landais, D. Lanore, N.-E. Mavrogordato, A.-A.-E.-F. Monfray, V. Passerat, G. Pommier, A.-A.-Ph. de Sizzo Noris, A. Stouls, J.-B. Vernay, comme membres sociétaires, et de MM. A.-J.-L. Borja de Mozota, E.-A. Jeanteur, L. Moineau comme membres associés.

MM. Ch. Balsan, L.-A. Bize, P.-E. Boynet, E. Brandt, N. de Escoriaza, L. Hachnoff, F.-R.-H. d'Huart, N.-N. Khitrovo, F. Lewandowski, M. Plowes, H. Poutet, G.-G.-Ch. Szersnoviez, sont reçus membres sociétaires, et MM. J. Hagienoff, E. Mimard, A. Seydoun membres associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

Le Secrétaire,

A. Lavezzari.

A PROPOS DE L'ALIMENTATION

DES

EAUX ARTÉSIENNES DE L'OUED RIR'

ET

DU BAS SAHARA ALGÉRIEN

(Réponse à MM. E. LIPPMANN et J. BERGERON)

PAR

M. Georges ROLLAND

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES

L'intéressante question de l'alimentation des eaux artésiennes de l'Oued Rir' et du bas Sahara Algérien a été reprise devant la Société des Ingénieurs Civils, d'abord par M. E. Lippmann, dans une communication de novembre 1896, sur « les Forages artésiens du Sahara », puis par M. J. Bergeron, dans une communication de janvier 1897, sur les « Résultats des voyages de M. F. Foureau au point de vue de la géologie et de l'hydrologie de la région méridionale du Sahara Algérien ».

Mes conclusions précédentes à cet égard ayant été contredites dans ces deux communications, je fus courtoisement invité par M. Lippmann, alors Président de la Société des Ingénieurs Civils, à prendre part aux discussions ainsi soulevées, et je lui adressai, il y a un an environ, ma réponse, en lui exprimant le désir qu'elle pût être insérée dans le *Bulletin* de la Société. Mais j'appris alors que, d'après les règlements de votre Compagnie, les communications devaient être faites en séance par les auteurs eux-mêmes. C'est ce qui m'amène, après une série de retards tenant à mes occupations multiples et dont je vous prie de m'excuser, à l'honneur de paraître aujourd'hui devant vous et à vous remercier de votre hospitalité.

Je serai aussi bref que possible, ayant déjà traité avec grand développement la question et celles qui s'y rattachent dans mes publications antérieures. Pour plus ample édification, je me permettrai de renvoyer à mon ouvrage sur l'*Hydrologie du Sa-*

hara Algérien (1894) (1), ainsi qu'à mon ouvrage précédent sur la *Géologie du Sahara* (1890) (2), accompagnés tous deux d'un atlas de planches, avec cartes, coupes, etc. (3).

J'ai eu l'honneur de faire hommage de ces deux ouvrages à la Société des Ingénieurs Civils. Ceux d'entre vous qui voudront bien les consulter pourront se convaincre que le régime des eaux artésiennes du bas Sahara Algérien et, en particulier, de celles de l'Oued Rir' y a été étudié et décrit par moi sous toutes ses faces, et, prendrai-je la liberté d'ajouter, qu'aucun argument vraiment nouveau ne m'a été opposé.

Je fais exception cependant pour l'argument tiré des animaux rejetés vivants par les puits jaillissants de l'Oued Rir'; mais j'avoue qu'il me semble étranger à la question même d'alimentation artésienne, à laquelle je voudrais me borner ici. J'en dirai toutefois quelques mots en terminant.

Pour aider à suivre plus facilement mon exposé, j'ai figuré ci-joint *(fig. a)*, d'une manière schématique, sur un extrait de ma carte géologique du Sahara, les divers modes d'alimentation des eaux artésiennes de l'Oued Rir' et du bas Sahara Algérien. J'ai cru également utile de reproduire un profil de l'Atlas au Ahaggar *(fig. b)* et une coupe de Biskra à Timassinin *(fig. c)*, tirés de mon atlas de planches précité.

*
* *

Dès le retour de mon premier voyage au Sahara, en 1880, je m'étais inscrit contre l'opinion jusqu'alors la plus répandue, suivant laquelle l'alimentation des eaux artésiennes de *l'Oued Rir'* et de ce que j'ai appelé le *bas Sahara Algérien*, se ferait *par le sud*. Cette manière de voir est ancienne; chez les indigènes, elle se rattache à des légendes, sans aucun fondement, qui représentent la soi-disant *rivière souterraine* de l'Oued Rir' comme coulant du sud au nord (4); chez les voyageurs, elle semble avoir été engendrée surtout par une fausse apparence, que suggère assez naturellement l'inspection des cartes géographiques, où l'œil est frappé par la vue des grandes artères hydrographiques de l'Oued Mya, de l'Igharghar et de l'Oued Rir', dont les eaux *superficielles* s'écoulent, en effet, du sud au nord (5). J'ai soutenu, au contraire, et dé-

(1) Un vol. in-4° de 425 pages.— Imprimerie nationale (Challamel éditeur).
(2) Idem · 276 pages.— *Ibid. (Ouvrage couronné par l'Académie des sciences).*
(3) 31 planches.
(4) *Hydrologie du Sahara*, pages 199 et suivantes.
(5) Idem page 237.

CARTE SCHÉMATIQUE

DE L'ALIMENTATION DES EAUX ARTÉSIENNES DU BAS SAHARA ALGÉRIEN

par **M. G. ROLLAND**

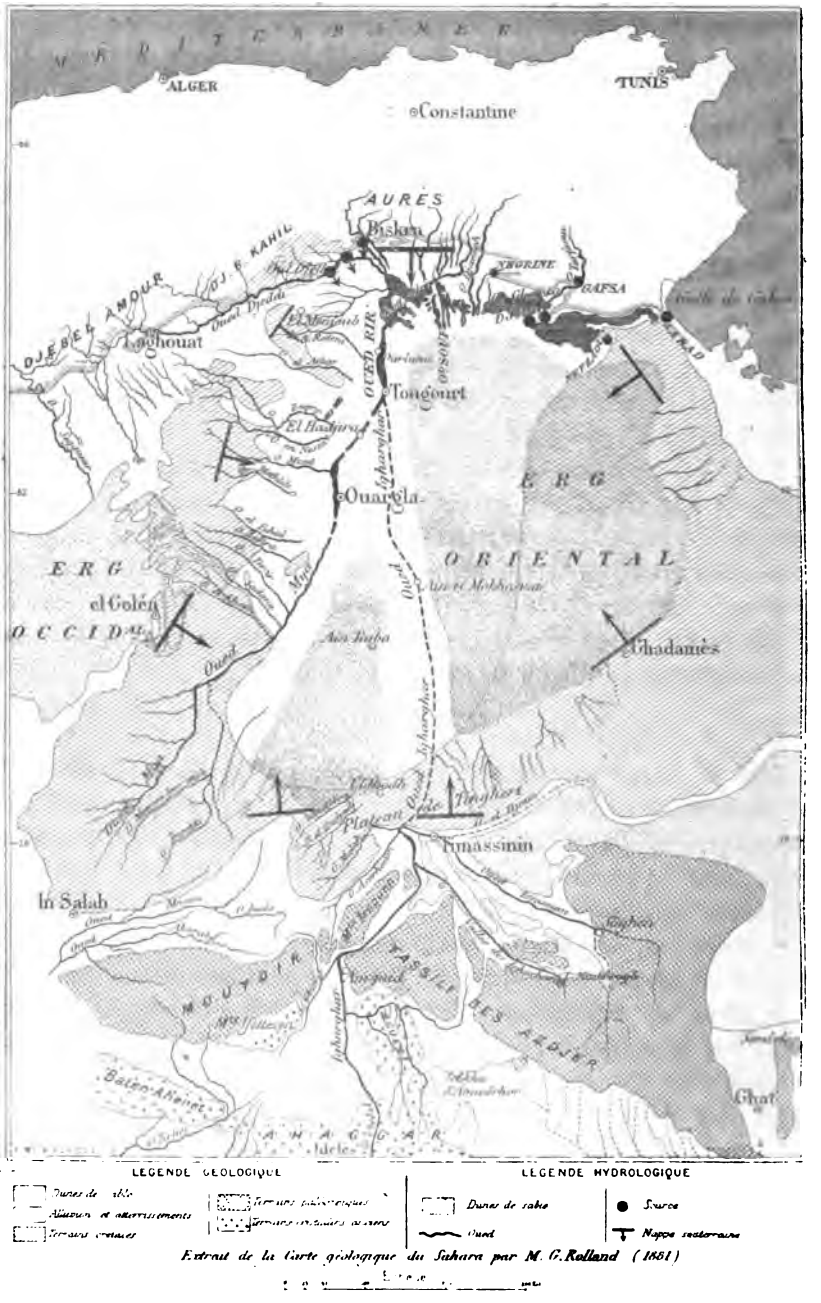
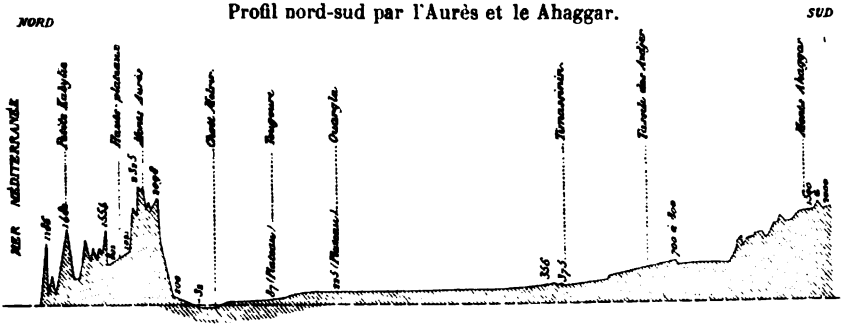


FIG. *a*.

montré, de mon mieux, que *la majeure partie* des eaux artésiennes du bas Sahara Algérien et Tunisien vient du nord et descend, superficiellement ou souterrainement, des massifs montagneux de l'Atlas.

M. Lippmann a bien voulu rappeler les lignes où j'avais résumé d'abord (1) mes idées principales à cet égard, sous une

Profil nord-sud par l'Aurès et le Ahaggar.



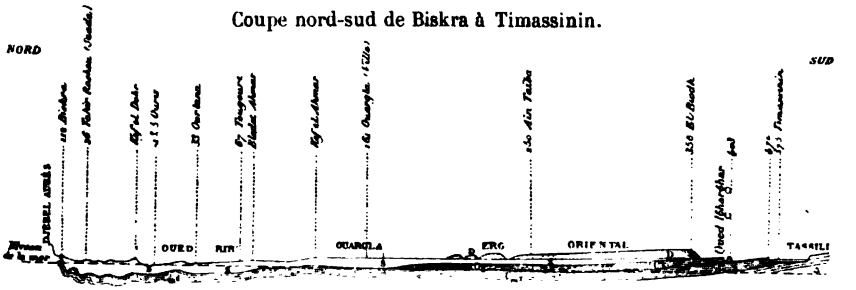
(L'échelle des hauteurs est 100 fois plus grande que celle des bases.)

FIG. *b*.

forme peut-être trop absolue. Je les ai développées ensuite et complétées dans mon *Hydrologie;* mais, avant d'entrer en matière, j'ajoutais aussitôt (2) :

« Je dois faire observer, cependant, qu'il (ce résumé) s'applique sur-
» tout à la moitié septentrionale du bas Sahara; mais c'est la plus
» intéressante, celle qui renferme l'immense majorité des eaux arté-
» siennes du bassin en question. Assurément, dans les parties méridio-

Coupe nord-sud de Biskra à Timassinin.



(L'échelle des hauteurs est 50 fois plus grande que celle des bases.)

FIG. *c*.

» nales du bassin, et déjà même dans sa partie centrale, comme à
» Ouargla, les appoints fournis par les eaux météoriques qui tombent
» sur les versants hydrographiques de l'Oued Mya et du bas Igharghar,
» au sud (ou même du Mzab, à l'ouest), acquièrent relativement une

(1) *L'Oued Rir' et la colonisation française au Sahara* (Challamel, éditeur, 1887).
(2) *Hydrologie*, page 238.

» beaucoup plus grande importance ; mais je me refuse à voir de ce » côté, au sud, l'origine du courant principal d'alimentation soit de » l'Oued Rir', soit de la masse des eaux artésiennes de la partie basse » du bas Sahara, plus au nord. Quant aux régions artésiennes situées » beaucoup plus au sud, — telles que les bassins de Timassinin, d'Am- » guid, le long du haut Igharghar, — il est bien évident qu'inverse- » ment leurs eaux viennent en majeure partie du sud et descendent » des massifs montagneux des Touareg (Ahaggar, Tassili des Azdjer, » etc.) ; mais ces régions n'appartiennent plus, en réalité, à ce que j'ai » appelé le bas Sahara, et il s'agit là de bassins distincts et locaux, » dans le Sahara central. »

On voit que je n'ai pas omis de tenir compte des eaux qui s'écoulent des montagnes du Sahara central vers le nord. J'ai simplement réduit à des proportions modestes le contingent qu'elles fournissent au bassin artésien du Sahara algérien, et surtout à sa partie septentrionale, à l'Oued Rir'.

Dans la partie de mon ouvrage d'ensemble où j'avais à décrire les diverses *lignes d'eaux superficielles* du bassin hydrographique du Melrir, j'ai noté, comme il convenait, — d'après les renseignements assurément incomplets qu'on possédait alors, — l'abondance des eaux du haut Igharghar et de ses affluents, ainsi que de l'Oued Mya (1). Puis, en parlant des régions artésiennes situées au sud du bas Sahara algérien, j'ai insisté tout particulièrement sur les régions de Timassinin et d'Amguid, que le général Philebert et moi avions signalées comme remarquablement dotées sous le rapport des eaux souterraines (2).

C'est ainsi que je disais (3) :

» La plaine de Timassinin récolte les eaux non seulement d'une partie » du haut Igharghar, mais encore de toute une série d'affluents qui s'y » rendent et que j'ai passés en revue plus haut : les apports les plus » importants semblent lui être fournis par la vallée des Irharharen, des- » cendant du Tassili des Adzjer et jalonnée de points d'eaux abondants, » tels que les puits d'Aïn-Adjadj et de Tebalbalet. La plaine se trouve, » d'autre part, barrée en aval, au sud, par la falaise crétacée de Tin- » ghert, qui doit retenir les eaux du sous-sol ; en outre, la falaise figure » une sorte de rentrant, qui tend encore davantage à les emprisonner : » ce sont là des dispositions évidemment favorables pour la constitution » d'un bassin artésien local (fig. 1 dans le texte). »

« Des sondages artésiens, même très peu profonds, offriraient donc » des chances de réussite dans la plaine de Timassinin. Mais l'intéres-

(1) *Hydrologie*, pages 14 et suivantes.

(2) Gal Philebert et G. Rolland. — *La France en Afrique et le Transsaharien* (Challamel éditeur, 1890).

(3) *Hydrologie*, page 234.

» sant serait surtout de les poursuivre en profondeur, au travers des ter-
» rains crétacés moyens qui règnent sous les atterrissements de ladite
» plaine et plongent vers le nord (pl. X, fig. 2) : car on y rencontrerait
» sans doute, de même qu'à El Goléa, une nappe franchement jaillis-
» sante vers le bas du massif cénomanien. »

Plus loin j'ajoutais (1) :

« Que si, d'autre part, on remonte plus au sud le haut Igharghar,
» on rencontrera dans la région de la source d'Amguid un second bas-
» sin d'eaux souterraines, certainement abondantes et sans doute éga-
» lement artésiennes (fig. 1 dans le texte). On a là de nouveau, en effet,
» une vaste plaine d'alluvions et d'atterrissements, qui reçoit beaucoup
» d'eaux descendant des massifs montagneux qui l'entourent, tant au
» sud qu'à l'est et à l'ouest, et fournies par la série des oueds énumérés
» précédemment; par contre, au nord et en aval, elle se trouve presque
» complètement fermée par les reliefs dévoniens du Tassili, des monts
» Iraouen et du Mouydir. Les présomptions en faveur de recherches
» artésiennes y sont, à première vue, des plus encourageantes, et il y
» aura lieu de les poursuivre au travers des terrains dévoniens, qui
» forment le substratum des atterrissements de cette plaine. »

Mais la discussion soulevée ne porte pas, à proprement parler, sur le Sahara central; elle vise spécialement l'Oued Rir', situé bien loin de là dans le nord du Sahara algérien, l'Oued Rir' qui se trouve, à vol d'oiseau, à des distances de 800 *k*, de 1 000 *k* et davantage des parties hautes du Tassili des Azdjer et du Ahaggar, — alors qu'il n'est qu'à 150 *k* des sommets de l'Aurès *(fig. b)*.

M. Foureau a constaté que, pendant l'hiver 1893-94, beaucoup de pluie était tombée dans les régions du Tassili des Azdjer, et il y a vu, dans les oueds, les traces de fortes crues, dont certaines récentes. Pareilles observations furent faites vers la même époque, dans la même région, par la mission d'Attanoux (2), qui se vit empêchée, à la daya Tibabiti, de continuer à suivre la vallée des Igharghareu, « transformée en marécages », et, plus loin, dut camper à quelques kilomètres du lac Menghough, « l'oued ayant débordé et inondé la vallée ». Il est vrai, fait remarquer M. Foureau, qu'il s'agit là d'un hiver « particulièrement pluvieux », et M. d'Attanoux relate qu'au dire des indigènes, il n'avait pas plu autant au Sahara central « depuis près de dix ans ». Néanmoins, il semble bien que cette région du Tassili des Azdjer doive être classée comme dotée d'eaux plus abondantes qu'on ne supposait, et nos explorateurs nous fixeront mieux sur sa météorologie, encore imparfaitement connue.

(1) *Hydrologie*, p. 235.
(2) *Bulletin de la Société de Géographie* du 9 mai 1894.

Mais on admettra difficilement, jusqu'à preuve du contraire, basée sur une moyenne suffisante d'années d'observations, que les pâtés montagneux du Sahara central, situés en plein climat saharien (car la zone des pluies tropicales ne commence que beaucoup plus au sud), et que surtout leur versant septentrional bénéficient d'autant de précipitations atmosphériques que les massifs sensiblement plus élevés des montagnes de l'Atlas, situées à la limite des zones tempérées et voisines de la Méditerranée *(fig. b)*. L'Aurès, ce n'est pas douteux, doit être notablement plus riche en eaux de pluie et de neige que le Ahaggar et, *a fortiori*, que le Tassili des Azdjer, et comme il est cinq à sept fois plus rapproché de l'Oued Rir', on effacera difficilement cette première impression qu'il joue un rôle beaucoup plus important dans son alimentation.

Je crois, d'ailleurs, avoir confirmé cette opinion par une étude consciencieuse et approfondie de la question.

***

L'alimentation du bassin artésien du bas Sahara occupe tout un chapitre de mon *Hydrologie* (1).

I. — J'étudie d'abord l'*alimentation directe par les eaux météoriques* (eaux des pluies et eaux courantes des vallées).

1° Un premier appoint est fourni par les *eaux de pluies* qui tombent dans le bas Sahara et sont absorbées directement à sa surface. Mes contradicteurs n'en parlent pas, et je ne ferai que le mentionner ici ; d'ailleurs, si les pluies accidentelles dont il s'agit représentent, au total, un volume d'eau assurément considérable, elles ne pénètrent qu'en faible proportion dans le sous-sol, sauf celles qui tombent sur certains sols spéciaux et surtout sur les *dunes de sable*. J'ai insisté sur le rôle des dunes de sable comme *réservoirs d'eau* (2). De plus, j'ai fait remarquer que ce mode d'alimentation par les grandes dunes, étant donnée la répartition de celles-ci à la surface du bas Sahara *(fig. a)*, s'opère surtout par le sud (3) (ce qui prouve, soit dit incidemment, que je ne négligeais pas les apports du sud, quand ils me semblaient de quelque intérêt) ; mais il ne s'applique guère qu'à la partie méridionale du bas Sahara.

(1) *Hydrologie*, pages 236 à 257.
(2) Page 241.
(3) Page 242.

2° Un second appoint, plus important, provient des *eaux courantes* qui s'écoulent par les *vallées* du bas Sahara et s'infiltrent dans le sous-sol le long des *oueds (fig. a)*.

Je n'ai pas manqué de décrire l'extension que le bassin hydrographique du chott Melrir présente vers le sud (1) et le sud-ouest (2), et suis d'accord avec M. Foureau concernant les limites qu'il en trace sur la carte jointe à la communication de M. Bergeron. Je n'ai pas omis davantage de faire valoir l'intérêt que présentent, comme lignes d'eaux sahariennes, l'Oued Mya et l'Igharghar (du moins le haut Igharghar et ses affluents, et, en particulier, les Ighargharen), ni de montrer comment ces oueds contribuent à alimenter les eaux souterraines du bas Sahara. Mais j'ai été amené à me convaincre que leurs apports étaient incomparablement moindres que ceux des oueds du nord.

A ce propos, je me permettrai de faire observer à M. Bergeron qu'il y a lieu de distinguer, d'une part, le bas Igharghar en tant que *ligne d'eau superficielle* (à laquelle s'applique ce qu'il dit, quand il rappelle que l'oued Mya va le rejoindre au niveau de Tougourt et que la vallée de l'Oued Rir' représente leur prolongement au delà du confluent), et, d'autre part, la zone de *nappes souterraines* qu'il signale avec raison comme devant s'écouler dans la même direction, à partir de Timassinin, au sein des couches paléozoïques, — nappes auxquelles je crois comme lui, témoin la citation faite plus haut sur les chances de sondages profonds à Timassinin.— Je parlerai de celles-ci plus loin, quand j'aborderai le quatrième mode d'alimentation ; pour le moment, afin de ne pas tomber dans la même confusion, je ne m'occupe que des *oueds* du sud.

Je disais à leur sujet, dans mon *Hydrologie* (3) :

« L'Oued Mya, qui se développe tout entier à la surface de plateaux » sahariens, récolte une quantité d'eaux pluviales bien inférieure à ce » que pourrait faire supposer à première vue l'étendue de son bassin » hydrographique. Celui-ci est trop vaste cependant pour que l'Oued » Mya ne présente pas un écoulement d'un certain volume, attesté, en » effet, par une série de nombreux puits. Or, il est rationnel d'admettre » qu'une partie des eaux qui se rassemblent ainsi dans le bas Oued Mya, » s'infiltre en amont de la dépression d'Ouargla et contribue, voire » même largement, à l'alimentation du réservoir artésien qui règne » sous cette dépression. Mais il est plus que douteux, selon moi, que

(1) *Hydrologie*, pages 14 et suivantes.
(2) Pages 17 et suivantes.
(3) Page 242.

» cela suffise pour alimenter le réservoir en question et pour faire face » au débit actuel de ses puits, — soit à près de 20 millions de mètres » cubes d'eau par an.

» Ajoutons, à propos des eaux souterraines d'Ouargla, qu'elles reçoi- » vent aussi un certain appoint, par le nord-est et le nord, du fait de » l'Oued Mzab et de l'Oued en-Nessa. Mais il s'agit là d'oueds beau- » coup moins importants.

» Quant à l'Igharghar, il est, du moins dans la partie supérieure de » son cours, beaucoup plus riche en eaux que l'Oued Mya; car le haut » Igharghar et ses affluents, bien qu'également sahariens, descendent » des montagnes du Sahara central, Tassili des Azdjer, monts Ahaggar, » etc., et récoltent des quantités certainement notables d'eaux météori- » ques. Mais cela n'est vrai que du haut Igharghar, dont les eaux ali- » mentent spécialement les bassins artésiens que j'ai signalés dans le » Sahara central (bassin d'Amguid, bassin de Timassinin). Je consi- » dère qu'une faible portion de ces eaux franchit, *le long du thalweg* » *même de l'Igharghar*, le plateau de Tinghert, de manière à se rendre » dans le bas Sahara : pour ce qui est du bas Igharghar même, il me » semble relativement très pauvre en eaux, en tant qu'oued.

» Assurément, le sous-sol de toute la région des *gassi* est aquifère, et » sans doute même abondamment; mais cela paraît dû aux grandes » dunes environnantes, bien plutôt qu'à l'Igharghar lui-même. Quoi » qu'il en soit, il est évident que les eaux souterraines de la région du » bas Igharghar contribuent à l'alimentation des régions artésiennes » du bas Sahara qui se trouvent en contre-bas; elles doivent, en parti- » culier, fournir quelque appoint, d'abord au réservoir artésien d'Ouar- » gla, bien qu'il soit situé latéralement (pl. X, fig. 4), puis, et surtout, » à celui de l'Oued Rir', situé sur le prolongement direct de l'Oued » Igharghar (pl. IV). Pour Ouargla, on peut différer d'avis sur la pro- » portion dans laquelle interviennent les eaux de cette provenance; » quant à l'Oued Rir', ce que l'Igharghar lui fournit ainsi est évidem- » ment tout à fait en sous-ordre par rapport aux volumes d'eau qui cir- » culent dans son réservoir souterrain, — lequel débite, rien que par » ses puits jaillissants, 130 millions de mètres cubes annuellement. — » L'Oued Rir' souterrain reçoit forcément des eaux d'autres provenances, » et en quantités bien plus considérables. »

Inversement, j'ai examiné les apports fournis par les oueds que le chott Melrir reçoit au nord, et j'ai trouvé que ces oueds, descendant des massifs montagneux de l'Atlas, constituent des lignes d'eau incontestablement beaucoup plus importantes comme débits (1).

« Chiffrer le volume total des eaux qui arrivent ainsi annuellement, » par les oueds du nord, au bassin du bas Sahara est chose difficile, » en l'état de nos connaissances actuelles. J'ai cherché plus haut, ce- » pendant, à me rendre compte approximativement de ce que pouvaient

(1) *Hydrologie*, page 243.

» représenter les débits des principaux affluents du Melrir, de l'Oued » Biskra à l'Oued Djarreuch : me basant sur ces évaluations, j'estime » qu'au total, de l'Oued Djeddi à l'Oued Tarfaoui, les apports réunis de » tous les oueds, grands ou petits, du versant nord des bassins du Mel- » rir et de Gharsa, représentent, à leur entrée dans le bas Sahara, au » moins 500 millions de mètres cubes d'eau par an.

» Mais jusqu'à quel degré les eaux souterraines de la profondeur du » bassin artésien du bas Sahara bénéficient-elles des eaux courantes qui » circulent ainsi à la surface de ses régions septentrionales ? Dans une » mesure assurément notable, mais toutefois dans une proportion » moindre, à mon avis, que ne sembleraient l'indiquer les infiltrations » et déperditions considérables que j'ai signalées le long des oueds de » la plaine nord du Melrir. »

Ces dernières lignes, que j'ai développées ensuite, montrent que je n'ai aucune tendance à exagérer le contingent fourni au bassin artésien du bas Sahara par les oueds du nord. C'est qu'en effet, le sous-sol de la plaine nord du Melrir est constitué par des formations fluvio-lacustres et lacustres, qui se trouvent être généralement de nature imperméable.

Et c'est également la coupe géologique des terrains rencontrés de ce côté en profondeur, qui explique, en grande partie, l'absence de nappes artésiennes jaillissantes dans les sondages, fort rares d'ailleurs, qu'on y avait faits autrefois — et que M. Lippmann a rappelés.

Mais il n'y a pas là d'argument contre l'alimentation par le nord. Je n'ai pas songé davantage à faire valoir, contre l'alimentation par le sud, que les chances seraient certainement plus négatives encore dans les sondages dont on entend parfois parler comme devant être entrepris au sud du parallèle de Ouargla.

Certes, il existe des eaux souterraines dans toutes ces régions du sud, et le futur chemin de fer transsaharien, — qu'il remonte le bas Igharghar ou l'Oued Mya, — est assuré d'avoir des puits ordinaires pour alimenter largement ses gares. Mais, ainsi que je l'ai montré, il ne faut malheureusement pas songer à obtenir des eaux jaillissantes au sud de Ouargla, ni dans les régions des Kantra (1), ni dans les gassi de l'Igharghar (2), et je crains qu'il ne soit également illusoire d'espérer en rencontrer le long de l'Oued Mya, sauf exceptions locales (3), — bien que j'aie vanté, comme tout bon saharien, les verdoyants pâturages de cette grande vallée !

(1) *Hydrologie*, Page 232.
(2) Pages 233 et 234.
(3) Pages 230 et 231.

Ces réflexions me font souvenir d'un autre argument qu'invoquent volontiers les partisans de l'alimentation par le sud (argument que je ne trouve pas dans le mémoire de M. Lippmann): il est basé sur la profondeur croissante des puits artésiens du sud au nord, entre le Sahara central et le chott Melrir.

En quelques mots, que voyons-nous de Timassinin au Melrir (*fig. c*)?

A Timassinin, un puits jaillissant indigène de 12*m* de profondeur; pour atteindre la nappe jaillissante que doivent recouvrir les marnes du Cénomanien (1), je crois qu'il faudrait aller à une cinquantaine de mètres (peut-être moins). — Du bassin de Timassinin au bassin de Ouargla, interruption de 400 *km*; terrains de grès et de sables; jusqu'au parallèle de Bel-Heïran, nappe ordinaire à des profondeurs variables, à 30 *m* à Aïn-Taïba; de Bel-Heïran au bassin de Ouargla, nappe abondante, mais simplement et même à peine ascendante, à quelques mètres sous les dépressions de la surface. — Bassin de Ouargla, nappe jaillissante sous une couverture marneuse, à 40 ou 45 *m*. — Entre les bas-fonds de Ouargla et de l'Oued Rir', cuvette artésienne, mais mauvaises coupes de terrains; à Bardad, un sondage n'a donné qu'une petite nappe jaillissante, à 66 *m*. — Bassin de l'Oued Rir'; grande nappe jaillissante, sous une couverture de marnes compactes ou de poudingue concrétionné ou de marnes sableuses, à des profondeurs de 16 *m* à Bledet Ahmar, de 75 *m* à Tougourt, de 63 *m* à Ourlana, de 72 *m* à Ourir; altitude de la couverture s'abaissant de plus de 70 *m* entre Tougourt et Ourir, mais n'ayant que fort peu d'influence sur la pression et le volume des eaux artésiennes (2).

Somme toute, trois bassins successifs d'eaux jaillissantes, mais rien qui, dans le gisement ni l'allure de leurs nappes, rappelle un ancien cours d'eau disparu et enfoui sous les sables.

*
* *

II. — J'étudie ensuite, dans mon *Hydrologie*, l'alimentation par les *eaux de nature déjà souterraines* (sources visibles et sources ou nappes souterraines).

1° Un premier appoint de ce genre est fourni par les *sources de*

(1) J'ignore pour quelles raisons M. Bergeron pense que ce massif marno-gypseux appartient peut-être au Trias, et j'ai dit dans ma *Géologie du Sahara* (pages 65 et suivantes) pourquoi je les classais dans le Cénomanien, avec les calcaires immédiatement superposés.

(2) *Hydrologie*, pages 203 et suivantes.

la lisière nord du bas Sahara. Mes contradicteurs n'en disent pas un mot; or, l'omission est d'importance.

A ne considérer que les sources visibles du Zab occidental *(fig. a)*, on a là, devant les yeux, un débit annuel d'environ 65 millions de mètres cubes d'eaux, qui jaillissent naturellement au jour, et cela non loin de l'Oued Rir', à guère plus de 100 *km* au N. N. O.

Dans mon *Hydrologie* (1), j'ai décrit en détail ces *sources du Zab occidental*, et je me résumais ainsi à leur sujet (2) :

» J'ai insisté sur l'importance des phénomènes d'infiltration qui les » accompagnent. J'ai parlé des petites *rivières souterraines*, d'abord très » peu profondes, que l'on voit fréquemment se former à l'aval des » sources de la surface, puis des rivières analogues que doivent engen- » drer, dans le sous-sol, les sources similaires, mais souterraines et » plus ou moins profondes, dont l'existence tout le long de la zone con- » sidérée n'est pas douteuse. J'ai exposé que les eaux de cette série de » rivières souterraines s'écoulaient vers le sud-est-sud, conformément » au plongement général des terrains, et s'approfondissaient graduelle- » ment dans cette direction. J'ai montré ensuite comment elles devaient » se rassembler en profondeur suivant certains thalwegs principaux et » certaines zones de plus grande perméabilité, de manière à engendrer » des cours d'eau collecteurs, capricieux et étagés, descendant d'ailleurs » toujours vers le sud-est-sud et devenant progressivement artésiens en » s'approfondissant, bien qu'avec fortes pertes de charges. Or, toutes » ces eaux souterraines passent ainsi sous le petit désert du Morran et » vont dans la direction du Chott Melrir et de l'Oued Rir'. Ce sont elles, » d'après M. Jus, qui contribuent le plus à l'alimentation de l'artère » artésienne de l'Oued Rir'. »

L'opinion d'un vieux praticien, d'un observateur sagace, tel que M. Jus, — du « père de l'eau », comme l'appellent nos sahariens, — mérite cependant quelque considération.

« Le fait est (3) que les eaux du Zab occidental disparaissent presque » toutes dans le sous-sol, qu'on doit les retrouver quelque part et » qu'elles ne peuvent apparemment aller que vers l'Oued Rir'. »

On peut discuter sur la manière dont elles s'y rendent, différer sur la plus ou moins grande proportion des eaux souterraines de l'Oued Rir' qui en proviennent : on ne peut contester qu'une partie notable de l'alimentation de l'Oued Rir' s'opère ainsi, — et c'est la mieux démontrée, la plus directe.

Ajoutons que les sources du Zab occidental ne sont pas les seules que l'on rencontre le long de la lisière du nord du bas

(1) *Hydrologie*, pages 107 à 118, 156 à 164.
(2) Page 247.
(3) Page 248.

Sahara. On a encore, à l'est, les sources voisines du Zab central (1), puis, plus à l'est, après une interruption (tout au moins apparente), la série des grandes sources du Sahara tunisien *(fig. a)* (2).

Par contre, où sont les sources de la partie méridionale du bas Sahara algérien ?

Plus au sud, il y en a certainement sur le versant septentrional des montagnes du Tassili et du Ahaggar, mais combien moins abondantes évidemment, et combien plus éloignées! Celles-là ne pourraient, d'ailleurs, contribuer qu'à l'alimentation des nappes profondes dont je parlerai plus loin.

Finalement, quand, avec M. Lippmann, on cherche plutôt l'origine des eaux souterraines de l'Oued Rir' du côté « des sources » et « des grandes rivières » (à grands débits s'entend), est-ce au nord ou au sud, je le demande, qu'on est amené à regarder ?

2° J'arrive enfin au dernier mode d'alimentation que j'ai distingué dans le bas Sahara, savoir à l'appoint fourni par les *nappes et sources souterraines*, dont on est conduit à admettre l'existence en profondeur dans l'intérieur du bassin.

Je saurais d'autant moins contredire M. Bergeron dans tout ce qu'il dit de la *cuvette crétacée du Melrir*, que sa courtoisie bien connue ne peut manquer de me concéder la priorité en ce qui concerne la démonstration de cette cuvette. Je l'ai mise en lumière dans ma *Géologie du Sahara*, tant dans mon texte (3) que dans mes coupes géologiques (4) ; j'y suis revenu à satiété ; elle ressort clairement à l'inspection de ma carte géologique de l'Atlas au Ahaggar et du Maroc à la Tripolitaine, dont la première édition remonte à 1881. On s'en rendra compte également en jetant les yeux sur la carte et la coupe ci-jointes *(fig. a et c)*.

Naturellement, j'ai de nouveau signalée cette cuvette dans mon *Hydrologie*. J'y ai montré les dispositions favorables qu'elle présente comme bassin artésien, et sur lesquelles M. Bergeron, à son tour, insiste avec raison.

» Les terrains crétacés (5) forment *(fig. a)* une large ceinture au-
» tour du bassin d'atterrissement du bas Sahara et plongent de
» de toutes parts sous les atterrissements, de manière à figurer une
» immense cuvette, que j'ai décrite sous le nom de *cuvette crétacée du*

(1) *Hydrologie*, pages 121, 165 et suivantes.
(2) Pages 177 et suivantes.
(3) Tout un chapitre (pages 64 à 78) lui est spécialement consacré.
(4) Voir planche X.
(5) *Hydrologie*, page 250.

» *Melrir* : cuvette dissymétrique *(fig. c)*, avec pentes faibles à l'est et au » sud, plus sensibles à l'ouest et très fortes au nord (pl. X, fig. 2 à 4). Ils » règnent certainement avec continuité sous toute l'étendue des atter- » rissements du bassin considéré.

» Ces terrains crétacés, qui appartiennent respectivement à la Craie » moyenne *(fig. c*, C_{m^2}) et à la Craie supérieure (C_s), présentent des al- » ternances de couches et de massifs perméables, en calcaires et en » grès, et imperméables, en marnes et argiles. Ils renferment à certains » niveaux des nappes aquifères, dont l'abondance dépend de leurs con- » ditions d'alimentation : ces nappes doivent naturellement se rencontrer » vers la base des couches ou des massifs perméables, quand leurs eaux » ne possèdent pas ou guère de pression hydrostatique, et, au contraire, » vers leur partie supérieure, quand elles sont artésiennes. On com- » prend, d'ailleurs, que la disposition générale en cuvette amène les » eaux artésiennes à descendre vers l'intérieur du bassin et soit favo- » rable à la formation de nappes artésiennes. »

Et ailleurs (1) :

» On arrive donc à conclure à la probabilité de nappes profondes » d'eau à haute pression, renfermées dans la série des couches créta- » cées qui se déroulent sous les atterrissements du bas Sahara.

» En grand, je suppose qu'il existe ainsi en profondeur, à l'intérieur » du bas Sahara, deux niveaux principaux d'eaux artésiennes : l'un se » placerait vers le haut des calcaires turoniens, sous la couverture des » marnes sénoniennes ; l'autre, plus bas, vers le haut des grès albiens, » sous la couverture des marnes cénomaniennes. Un troisième, supé- » rieur aux précédents, se trouverait sans doute au nord-est, du côté du » Sud tunisien, vers le haut des calcaires ou grès sénoniens, sous la » couverture des marnes suessoniennes. »

Comme exemple de nappes se plaçant sous les marnes sénoniennes, j'ai cité celles qui, sans doute, alimentent les sources de Ghadamès, au sud-est du bas Sahara. Quant au niveau ayant les marnes cénomaniennes pour couverture, c'est celui de la nappe jaillissante d'El Goléa, au sud-ouest ; il semble le plus important comme extension, encore bien qu'il varie beaucoup comme abondance et pression, suivant les conditions d'alimentation. J'ai discuté les chances de son prolongement au nord sous le Mzab et dans le reste du haut Sahara algérien, et, sur mes indications, un grand sondage de recherche de 300 *m* vient d'être entrepris à Ghardaya.

C'est, d'autre part, sur le prolongement *hydrologique* du même niveau artésien que se trouvent, au sud, les nappes que M. Bergeron vise tout spécialement, comme provenant des infiltrations dans les grès paléozoïques du Sahara central et auxquelles j'arriverai tout à l'heure.

(1) *Hydrologie*, page 253.

Poussant plus loin l'étude de la question, j'ai cherché à me rendre compte suivant quel mécanisme les nappes qui s'écoulent en profondeur sous le bas Sahara, peuvent être amenées à jaillir, dans l'intérieur, et je concluais en disant (1) :

« Les couches crétacées, qui forment en profondeur le substratum des » atterrissements du bas Sahara *(fig. c*, S), doivent présenter des lignes » d'affleurements et des séries de lignes de fractures. Par suite, les *nappes* » *artésiennes*, ou plutôt les *zones artésiennes*, qu'elles renferment à plusieurs » niveaux, ne peuvent manquer, quand elles sont amenées à déboucher » suivant certains de ces affleurements ou à trouver issue par certaines » de ces fractures, de jaillir en tel ou tel point ou suivant telle ou telle » ligne sous les atterrissements. Ces phénomènes de *sources souterraines* » semblent surtout probables; d'après ce qui précède, dans la partie sep- » tentrionale du bassin et du côté occidental : or, c'est là précisément » que se trouvent les artères artésiennes de l'Oued Rir' et d'Ouargla. »

Pour ce qui est plus spécialement de la bordure méridionale de la cuvette crétacée du Melrir, je suis également d'accord avec M. Bergeron. Ma carte géologique du Sahara (voir l'extrait ci-joint, *fig. a)* indiquait, dès 1881, sur le versant septentrional du Sahara central, la répartition sommaire des terrains cristallins, paléozoïques et crétacés, dont j'ai décrit l'allure et les caractères dans ma *Géologie* (2) : j'avais coordonné, à cet effet, les renseignements épars laissés par les divers explorateurs, et, en particulier, pour les régions dont il s'agit, par Overweg, par Duveyrier et surtout par mon camarade Roche. Depuis lors, grâce à M. Foureau, la connaissance de la géologie du Tassili des Azdjer a fait de très intéressants progrès : on sait que cet explorateur y a découvert, au sud du Djoua de Timassinin et dans la région des dunes de l'Isaouan, la présence du terrain carbonifère sur de grandes étendues (3), au-dessus des grès dévoniens antérieurement décrits par Roche.

(1) *Hydrologie*, page 256.

(2) Terrains cristallins anciens, pages 242 et suivantes. — Terrains paléozoïques, pages 230 et suivantes.

(3) Jusqu'ici le terrain carbonifère, qu'on savait largement développé dans le Sahara occidental (*Géologie du Sahara*, p. 231). n'avait encore été signalé au Sahara central que dans la chaîne de d'Amsak, au nord de Ghat (p. 236). Règne-t-il d'une manière générale au sud du plateau de Tinghert, ou n'y forme-t-il qu'un grand lambeau (tel que j'en avais prévu la présence possible dans le Sahara central, p. 242) ? Quoi qu'il en soit, on voit que les terrains crétacés moyens du Sahara septentrional reposent transgressivement, du Maroc à la Tripolitaine, sur des étages différents des terrains primaires. On peut noter aussi que la grande lacune, depuis longtemps signalée sous le Crétacé moyen dans la série des formations géologiques du Sahara, a moins d'amplitude qu'on ne croyait au sud du Sahara algérien; néanmoins, on peut toujours dire que « de toutes manières et d'une manière générale, le Sahara (occidental, central et oriental) présente, — entre les terrains paléozoïques et crétacés, — une grande lacune comprenant au moins le Trias, le Jurassique et la Craie inférieure (p. 242) ».

Roche nous avait déjà fixés sur l'allure stratigraphique générale de ces formations paléozoïques, appliquées sur le versant nord des massifs cristallins du Ahaggar et de ses dépendances, et je disais d'après lui (1) :

« Leurs couches plongent dans leur ensemble vers le Nord (2) et pas-» sent sous les falaises qui limitent les plateaux crétacés du Sahara » septentrional. »

Il est évident (*fig. c*) qu'étant donné aussi le caractère perméable des grès paléozoïques Δ du Tassili des Azdjer, il y a là tout ce qu'il faut pour la formation d'une nappe artésienne sous la couverture des marnes cénomaniennes (C_{m_2}) de la falaise de Timassinin. Je n'en ai peut-être parlé que trop incidemment dans mon *Hydrologie*, qui avait spécialement en vue le Sahara algérien ; mais je m'en suis occupé cependant à plusieurs reprises, soit à propos des chances d'un sondage à Timassinin (3), soit quand, après avoir parlé de la nappe artésienne d'El Goléa, je montrais son prolongement stratigraphique jusqu'à la bordure méridionale du plateau de Thingert (voir ma coupe géologique du Djebel Amour aux monts Iraoan) (4), — ajoutant d'ailleurs que, dans cette direction, elle arrivait forcément à s'alimenter « plutôt par le sud » (5).

En quoi donc mes conclusions, quant au mode considéré d'alimentation de l'Oued Rir', diffèrent-elles de celles de M. Bergeron ? — dans une simple question de mesure.

Lorsque, faisant le tour de la cuvette crétacée du Melrir, je cherchais à apprécier l'importance respective des eaux souterraines qui s'écoulent dans ses flancs (*fig. a*) et convergent vers ses parties basses, j'ai été surtout frappé, comme je le suis encore, par l'abondance évidente des nappes artésiennes qui circulent au sein des terrains crétacés et suessoniens de la bordure septentrionale du bas Sahara.

« On peut en juger (6) quand les conditions stratigraphiques se prêtent, » le long de cette zone, à ce que les nappes en question jaillissent soit

(1) *Géologie du Sahara*, page 240.

(2) Pour ce qui est, en particulier, des couches du Tassili, elles plongent vers le N-E, d'après M. Fourcau.

(3) *Hydrologie*, page 235. — Voir la citation ci-dessus.

(4) Page 285.

(5) A El Goléa, la nappe artésienne est renfermée dans les grès *albiens* ; à Timassinin, elle doit être renfermée dans des grès *paléozoïques*. Mais bien que les grès aquifères appartiennent ici et là à des formations géologiques d'âges différents, leur couverture *cénomanienne* est la même, et c'est, au point de vue *hydrologique*, le même niveau artésien.

(6) *Hydrologie*, page 252.

» directement au jour, soit au travers d'une certaine épaisseur d'atter-
» rissements : témoins, en particulier, à l'Est, les sources du Sahara tu-
» nisien, de l'Aarad au Djérid, et, à l'Ouest, les sources du Zab central
» et occidental. »

Car l'origine de ces sources n'est pas douteuse (1) :

« C'est du Nord, — savoir des massifs crétacés et éocènes de la grande
» zone méridionale des montagnes de l'Atlas constantinois et tunisien,
» — que proviennent, — plus ou moins directement, mais sans aucune
» contestation possible, — toutes ou presque toutes les eaux artésiennes
» qui jaillissent au pied ou près du pied de ces montagnes, soit dans le
» Sud constantinois, soit dans le Sud tunisien. De même pour les nap-
» pes souterraines (susceptibles ou non de jaillir à la surface au moyen
» de sondages) qui sont renfermées, le long de cette zone limite entre
» l'Atlas et le Sahara, dans les terrains pliocènes fluvio-lacustres (ou
» d'atterrissement); de même, *a fortiori*, pour celles des terrains créta-
» cés de la profondeur. »

L'existence de celles-ci est d'ailleurs extrêmement rationnelle; en effet, ajoutais-je encore (2) :

« On ne saurait admettre que toutes les eaux artésiennes, qui s'écou-
» lent souterrainement de l'Atlas vers le sud, trouvent leurs issues (su-
» perficielles ou peu profondes) en arrivant au bord du bas Sahara. Les
» terrains crétacés se prolongeant au sud sous les atterrissements, une
» partie de leurs nappes artésiennes doivent s'y poursuivre avec eux;
» ces nappes ne sont pas toutes, tant s'en faut, drainées vers les sources
» qui jaillissent au pied de l'Atlas : tel niveau aquifère qui affleure sur
» une partie de la lisière nord du bas Sahara ne sera pas interrompu
» sur une autre; les failles et les fractures que j'ai signalées le long de
» cette lisière n'y règnent pas avec continuité; leur importance varie;
» même là où elles recoupent des couches aquifères, les conditions peu-
» vent être telles que les eaux souterraines reprennent leurs cours, en
» partie tout au moins (avec changement de niveau ou non), suivant
» l'aval-pendage de la formation vers le Sud, etc. »

Ce ne sont là que des hypothèses, des probabilités, objecterat-on. Mais il faut bien avouer qu'en ce qui concerne ce quatrième mode d'alimentation par les nappes souterraines, nous sommes partout plus ou moins dans le champ des probabilités, et cela aussi bien au sud qu'au nord.

D'ailleurs, si l'on ne voulait pas admettre l'hypothèse, — vraisemblable, mais non prouvée, — de nappes crétacées descendant directement des montagnes du Nord vers les profondeurs du bas Sahara, cela reviendrait à dire que les nappes souterraines de

(1) *Hydrologie*, page 236.
(2) Page 252.

l'Atlas jaillissent toutes au pied même de la montagne, soit à la surface, soit dans le sous-sol, et que leurs eaux s'épanchent de suite dans les terrains d'atterrissement à la limite de la plaine: elles n'en auraient alors que plus de facilité pour aller alimenter les nappes artésiennes du bas Sahara, renfermées dans ces mêmes terrains d'atterrissement *(fig. c*, S).

Considérons enfin, d'autre part, plus spécialement la nappe sous-jacente aux marnes cénomaniennes *(fig. c*, C_{m^s}), que M. Bergeron suit par la pensée du versant septentrional du Tassili jusqu'aux profondeurs des terrains régnant sous l'Oued Rir' *(fig. c)*. Elle semble, au premier abord, offrir une simplicité stratigraphique qui séduit. Je m'abstiendrai de formuler, contre la théorie d'un large écoulement de ses eaux souterraines jusqu'à l'Oued Rir', certaines objections plus ou moins plausibles, telles que l'immense distance à parcourir depuis les affleurements, la variabilité de perméabilité des couches aquifères à traverser, les pertes de charges successives à vaincre pour arriver finalement à un débit important. Je n'insisterai pas non plus sur cette observation, qu'à en juger d'après la composition chimique des eaux des puits jaillissants de l'Oued Rir', — lesquelles ne renferment pas moins de 4,87 *g*, en moyenne, de sels par litre (1), — il est invraisemblable que la majeure partie provienne directement de la grande nappe présumée de la profondeur, — attendu qu'à El Goléa, seul endroit où l'on connaisse avec certitude des eaux jaillissant franchement du même niveau artésien (fort loin de là, il est vrai), elles n'ont que 0,24 *g* de sels par litre.

Seul un sondage profond, entrepris dans l'Oued Rir', pourrait peut-être nous fixer à cet égard. Un des ateliers militaires de l'Oued Rir' vient précisément d'en commencer un à Tougourt Ce sondage, entrepris avec l'intention d'aller à 200 *m*, ne peut manquer déjà d'être instructif. Naturellement, les chances de semblables recherches d'exploration sont très problématiques, à moins qu'on ne tombe sur quelque cheminée d'ascension artésienne ; mais je crois qu'il faudrait pousser jusqu'à 300 ou 400 *m* pour atteindre la grande nappe du bas du Cénomanien, si tant est qu'elle règne à l'aplomb même de Tougourt.

Quoi qu'il soit exactement, je suis loin de méconnaître, eu égard aux grandes quantités d'eaux météoriques qui tombent parfois sur le versant septentrional du Sahara central, et à la perméabilité des grès paléozoïques qui les absorbent, l'intérêt

(1) ***Hydrologie***, page 260.

corollaire des arguments mis en avant en faveur du rôle joué par les nappes souterraines venant du sud dans l'alimentation de l'Oued Rir'. Il est possible que, dans la partie correspondante de mon *Hydrologie*, j'ai classé trop en sous-ordre ce facteur du problème. Cela ne m'est pas démontré, mais il me suffit qu'un explorateur de la valeur de M. Foureau et un géologue de la science de M. Bergeron y attachent autant d'importance, pour qu'à mon tour, je lui en accorde une plus grande.

Question de mesure, répéterai-je. Mais, sauf cette concession sur ce côté déterminé du quatrième mode d'alimentation, je ne vois pas de raison, jusqu'à nouvel ordre, pour modifier mes autres conclusions, et je maintiens, d'une manière générale, que les eaux artésiennes de l'Oued Rir' proviennent *principalement* du *nord*.

***

Un dernier argument, assez inattendu pour moi, que M. Lippmann invoque en faveur de l'alimentation de l'Oued Rir' par le sud, est relatif au phénomène curieux, et aujourd'hui bien connu, du rejet de petits animaux vivants, — poissons, crabes et mollusques, — par certains puits jaillissants de l'Oued Rir'.

Or, je ne vois vraiment pas en quoi ce phénomène intéresse l'alimentation de l'Oued Rir', soit par le nord, soit par le sud.

D'après M. Lippmann, il faudrait chercher au sud l'origine de ces animaux. Mais je ne saisis pas exactement quel voyage ils auraient dû effectuer, sous l'entraînement de courants violents, depuis les sommets du Ahaggar jusqu'aux profondeurs de l'Oued Rir'. Je ne crois pas davantage, d'ailleurs, à des entraînements de ce genre de l'Atlas à l'Oued Rir'.

Si l'on a récemment découvert de nouvelles espèces de ces animaux dans les eaux de l'Oued Rir', du Zab, etc., c'est que les naturalistes n'avaient pas suffisamment étudié auparavant les régions dont il s'agit. D'ailleurs, la répartition des espèces animales en question indiquerait bien plutôt que leurs migrations ont eu lieu du nord au sud (1). En effet, les petits poissons, qui abondent dans les eaux des Zibans et de l'Oued Rir', n'ont pas été constatés encore dans celles de Ouargla (2). Les crabes, abondants dans le Zab, sont déjà beaucoup moins répandus dans l'Oued Rir', et ils manquent aussi à Ouargla (3).

(1) Ou de la Méditerranée vers l'intérieur.
(2) *Hydrologie*, page 273.
(3) Page 274.

Pour ce qui est des poissons, crabes et mollusques sortis des puits de l'Oued Rir', il est une observation essentielle (1) :

« Ces animaux rejetés de la profondeur ne diffèrent pas de ceux qui » vivent dans les eaux de la surface du bas Sahara. Ils ne sont pas » aveugles, ni décolorés. Ils ne constituent nullement, comme on pour- » rait le croire, une faune spéciale, une *faune souterraine*, qui aurait » été révélée par les puits artésiens. »

Suivant moi, ils proviennent simplement des *behour* ou lacs artésiens du voisinage (situés parfois à quelques mètres seulement), où ils ont leur station normale. J'ai cherché à expliquer comment et par quel mécanisme, — les lacs artésiens pouvant communiquer par leurs cheminées d'alimentation avec la base des puits (2).

M. Lippmann n'accepte pas mon explication. Il réédite l'assertion d'après laquelle « le crabe était inconnu des indigènes dans la région des puits qui en ont fourni ».

Or, quel est le premier puits français de l'Oued Rir' qui ait rejeté des crabes? le n° 3 de l'oasis de Mazer, foré en 1876. Mais, *onze ans plus tôt*, en 1865, paraissait l'ouvrage de Ville, relatant l'exploration de cet ingénieur en 1861. Dans cet ouvrage, page 359, on peut lire que Ville cite des *crabes* précisément dans les eaux de cette *même oasis* de Mazer.

Cette réplique se trouvait déjà dans mon *Hydrologie* (3). Je m'étais permis de la trouver assez topique, et je ne m'attendais pas à voir réapparaître le « crabe souterrain » (4).

(1) *Hydrologie*, page 277.
(2) Pages 279 et suivantes.
(3) Page 285.
(4) Voir séance du 6 mai 1898, pages 762 et suivantes, la discussion sur cette questi » »

RÉPLIQUE

AUX

OBSERVATIONS DE M. ROLLAND

SUR

L'ORIGINE DES EAUX ARTÉSIENNES DU SAHARA

PAR

Par M. Ed. LIPPMANN

Dans les observations qu'il vient de présenter, M. l'Ingénieur en chef des Mines Rolland semble avoir perdu de vue le principe fondamental de la communication que j'ai faite en 1896 à la Société : il admet quatre sources d'alimentation du bassin artésien dont nous nous occupons; il établit des différences entre les alimentations par les pluies, par les eaux courantes des vallées, par les eaux des sources superficielles et par celles des sources souterraines.

Or, toutes ces alimentations n'ont qu'une seule origine, la pluie, qui commence par tomber du ciel pour s'écouler dans les vallées, engendrer les sources à air libre ou les nappes souterraines.

C'était là mon point de départ, et j'ai expliqué comment et pourquoi, la pluie ne tombant que peu sur l'Atlas, il ne me semblait pas rationnel de chercher dans cette montagne du Nord le grand réservoir qui, depuis 1856, pourvoit abondamment aux puissants et réguliers débits des puits artésiens du Sahara, dont le nombre va toujours en croissant et qui, actuellement, déversent, au travers du désert, plus de 490 millions de litres par jour.

Au début, lorsque j'avais encore l'honneur de travailler sous la direction de notre ancien Vice-Président, Ch. Laurent, qui a fait la première exploration hydrologique du Sahara, et qui croyait aussi à l'alimentation artésienne par le Nord, je partageais entièrement sa manière de voir : car nous faisons toujours venir des montagnes les eaux souterraines jaillissantes; et si, dans une exploration, limitée à des régions plus ou moins étendues, nous ne voyons ou ne connaissons qu'une seule chaîne im-

portante, nous sommes naturellement portés à penser, à déclarer, de prime abord, que c'est dans le relèvement des assises géologiques dont ses flancs sont garnis que nous trouvons les canaux d'alimentation de nos forages artésiens. On n'avait que l'Atlas sous la main, l'eau découlait du Nord.

J'ai commencé à être ébranlé dans cette croyance lorsque j'ai observé que les succès se continuaient dans les recherches tentées en se dirigeant au Sud, et qu'au contraire ils devenaient de plus en plus rares quand on remontait vers l'Atlas.

Dans le très remarquable ouvrage *l'Hydrologie du Sahara*, que son auteur, M. Rolland, nous a si gracieusement offert, vous trouverez une carte sur laquelle sont pointés les forages exécutés suivant la ligne Nord-Sud : ceux qui ont donné l'eau jaillissante sont en rouge, ceux qui n'ont donné que des eaux ascendantes sont en bleu; et au Nord, nous ne voyons que du bleu. N'est-ce pas anormal? Plus on se rapproche de son point d'origine, plus l'eau doit avoir de force ascensionnelle!

A la suite de cette remarque, j'ai voulu approfondir la question : j'ai fait l'étude orographique, météorologique et géologique de la région; j'ai expliqué dans ma communication comment les courants pluvieux du pôle boréal n'arrivaient pas utilement jusqu'à l'Atlas, tandis que ceux du pôle austral venaient se décharger au Sud du Sahara sur les montagnes de Kong, de la Lune, du Congo, pour donner naissance aux grands fleuves, coulant du Sud au Nord, le Congo, le Niger, le Nil, etc. Géologiquement, les eaux artésiennes sont dues à l'infiltration des eaux pluviales ou de surface dans les terrains tertiaires supérieurs et dans les couches perméables ou fissurées des terrains crétacés; et, comme l'a confirmé M. Foureau, le redressement de ces étages atteint des altitudes plus grandes contre le versant septentrional des montagnes du Sud, qu'on commence seulement à connaître par de récentes explorations, que contre le versant méridional de l'Aurès.

C'est sur cette considération que s'est appuyé notre savant Collègue, M. Bergeron, pour partager, d'accord avec M. Foureau, ma manière de voir sur la direction à assigner à l'origine des eaux artésiennes du Sahara. Cette opinion est également celle de M. Lahache, pharmacien-major de Constantine, qui depuis plus de douze ans s'occupe de ces mêmes eaux, et qui, en étudiant surtout leur minéralisation, est arrivé à conclure qu'elles ne pouvaient venir que du Sud.

breux puits ordinaires sont cités déjà dans les temps les plus reculés comme donnant issue à des eaux abondantes amenant des poissons à la surface. Le parcours souterrain était loin, sans doute, d'avoir un aussi long développement que celui qu'il nous faut supposer ici ; mais, peu importe, le fait n'en est pas moins admissible ; il met un temps plus ou moins long à se produire ; c'est ainsi que le premier poisson rejeté par un de nos puits artésiens, est arrivé au jour deux ans après l'achèvement du forage ; c'est ainsi également que, tout d'abord, il n'est arrivé que des êtres minuscules, et que, avec le temps, c'est-à-dire à mesure que le petit chenal souterrain se dégageait davantage, il en est venu successivement de plus forts ; mais les plus gros sont cependant restés de taille très modeste : les poissons n'ont jamais eu au-delà de 12 à 13 *cm* de longueur et 2 1/2 *cm* de grosseur, le corps des crabes n'a jamais eu plus de 4 à 5 *cm* de diamètre.

Puisque M. Rolland veut bien nous accorder que, « eu égard aux grandes quantités d'eaux météoriques qui tombent parfois sur le versant septentrional du Sahara Central, et à la perméabilité des grés paléozoïques qui les absorbent, il convient de reconnaître l'intérêt corollaire des arguments mis en avant en faveur du rôle joué par les nappes souterraines venant du Sud dans l'alimentation de l'Oued Rir », nous admettrons avec lui, et avec M. Jus, que les sources du Zab, dont le grand débit disparaît presque totalement dans le sous-sol en coulant du Nord vers le Sud-Est-Sud conformément au plongement général des terrains, peuvent parfaitement apporter une contribution importante à la réussite des forages artésiens de cette même région ; mais elles ne donneront naissance qu'aux nappes jaillissantes peu profondes dont les eaux, bien qu'engendrées alors par des sources septentrionales, n'en auront pas moins l'origine générale que nous soutenons, puisque nous prétendons que ces dernières viennent des plateaux du Tassili des Azdjers ou des monts Ahaggar.

Elles ont à faire un parcours souterrain de 7 à 800 *km* pour arriver du Sahara Central jusqu'au Zab occidental. Mais il n'y a là rien de surprenant ! N'avons-nous pas en France, par exemple, les sources du Loiret qui, engendrées par une perte naturelle de la Loire, arrivent au jour après un trajet d'une centaine de kilomètres à travers les fissures du terrain crétacé ? Mais, bien mieux ! la puissante nappe des sables verts de l'Étage Aptien qui, comme celle des eaux du Zab, a une couverture cénomanienne, circule sous terre, depuis son origine dans les Ardennes jusque sur les

côtes de Normandie, par un cours de plus de 500 *km* de longueur : A Paris, à 200 *km* environ de son point de départ, nous la prenons au passage, à 6 et 700 *m* de profondeur, et elle nous donne de l'eau jaillissante dont la température est de plus de 35°.

Je prétends, comme je l'ai dit plus haut, donner ainsi l'explication rationnelle de l'élévation de la température des eaux du Zab; M. Rolland trouve celle-ci justifiée par les épaisseurs des terrains qui recouvrent les eaux avant leur émergence; je ne vois pas cela possible, étant donné que ces épaisseurs sont relativement très faibles, que la longueur du chemin souterrain serait restreinte et que la température initiale devrait être très basse.

Répondant à l'argument que je tire de la nouveauté des espèces d'animaux rejetés par les puits, M. Rolland nous dit que cela vient tout simplement de ce qu'on ne les avait pas suffisamment étudiés auparavant : ce serait admissible s'il ne s'agissait que de deux ou trois sujets; mais il est invraisemblable que plus de quinze espèces, sur trente-quatre minutieusement décrites, aient pu échapper à l'étude des nombreux savants qui s'en sont occupés.

Enfin, je le répète, je ne puis adopter la voie de communication qui relierait les *lacs artésiens* avec la base des puits : toujours le lac se viderait lui-même par le puits, ou l'eau du puits jaillirait dans le lac, suivant la différence réciproque de leur niveau.

En terminant, je dois dire que je ne puis me rendre compte de la migration qui se serait opérée, suivant M. Bergeron, du Golfe de Gabès jusqu'au Chott-Melrir, en remontant le cours d'un fleuve de l'époque quaternaire : il semble que cette voie accessible aux crabes et aux poissons, comblée dans la suite par des dépôts détritiques, constituerait aujourd'hui un canal d'évacuation par lequel nos eaux artésiennes s'en iraient à la Méditerranée, sans pouvoir jaillir au-dessus du sol. Et encore, comment comprendre que ces petits êtres, « pour rechercher l'humidité qui leur faisait défaut », auraient pu s'enfoncer assez profondément dans le sol pour atteindre le niveau de la base des puits, avec l'obligation de passer au travers des bancs durs calcaires, gypseux, etc., que la sonde perfore, à différents étages, avant d'atteindre la nappe jaillissante? Et puis enfin on reviendrait donc au fameux « crabe souterrain » ; l'organisme de ces espèces se perpétuant depuis des siècles dans les sombres profondeurs de la terre, se serait com-

plètement atrophié, et, nous l'avons déjà dit, il n'en est absolument rien.

Donc, pour conclure, je demeure parfaitement encore convaincu que les nappes artésiennes sahariennes, issues des courants pluvieux du pôle austral, viennent à la rencontre des vaillants pionniers de la grande voie de pénétration vers le Sud africain.

ANNEXE

ORIGINE DES EAUX ARTÉSIENNES

PAR

J.-E. LAHACHE

I

Jusqu'en ces dernières années, on admettait généralement que les eaux artésiennes de l'Oued R'hir venaient du nord.

C'était l'opinion de M. Ville, Ingénieur en chef des mines, à Alger.

Constantine, 19 avril 1897.

A Monsieur Ed. Lippmann, a Paris.

Monsieur,

M'étant occupé autrefois de l'origine des eaux profondes de l'Oued R'hir, j'ai lu avec intérêt la savante communication que vous fîtes sur ce sujet à la Société des Ingénieurs civils de France en novembre 1896.

M. Foureau, l'explorateur du Sahara, avec lequel j'ai agité lorsque j'habitais Biskra, il y a dix ans, cette question de l'origine des eaux du Sud, m'a informé des communications qui furent faites par M. Bergeron et par vous (1), à la suite de son voyage dans le cours supérieur de l'Igarghar.

Bien que M. l'Ingénieur Rolland, dans son hydrologie du Sahara, ait tenté de prouver l'origine septentrionale des eaux souterraines (entre M'raier et Ouargla), je suis de plus en plus convaincu que les cuvettes souterraines de ces régions reçoivent en grande partie, si ce n'est en totalité, leurs eaux des parties élevées des bassins de l'Oued-Mia et de l'Igarghar.

J'ai essayé d'en donner les preuves chimiques. M. Rolland penche surtout vers cette hypothèse que la nappe superficielle des Zibans (alimentée certainement par les Aurès), qui arrose de Bou-Chagroun à Sidi-Khaled une foule d'oasis, et qui est notablement plus élevée que l'Oued R'hir (de 100 à 150 *m* environ), remplit les artères souterraines de celui-ci en s'infiltrant.

Cette nappe des Zibans est une nappe salée comme l'Oued Biskra, qui est le type des rivières de cette région et qui renferme de 1,20 *g* à 2 *g* et plus de chlorures 0/00 (suivant les saisons). Il suffit de reprendre le vieil ouvrage de l'Ingénieur Ville sur ce sujet, et les analyses indiquées par M. l'Ingénieur Rolland (qui a bien voulu citer mes déterminations dans son *Hydrologie du Sahara algérien*), pour s'assurer que le résidu des eaux artésiennes de l'Oued R'hir ne ressemble pas à celui des eaux descendant de l'Atlas et des Aurès sous forme d'Oueds ou de nappes superficielles non jaillissantes.

Les différences en azotates, en carbonates, en chlorures, en sulfates, sont énormes et la nature des terrains traversés, les réactions chimiques possibles ne suffisent pas à les expliquer.

Ayant lu votre savant travail, je ne puis résister au désir de vous faire parvenir les observations que j'ai réunies sur le même sujet et qui m'ont poussé, il y a dix ans, à émettre l'hypothèse que j'ai retrouvée dans votre communication.

En vous priant de m'excuser, je soumets mon petit travail à votre haute compétence.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de mes sentiments les plus distingués.

Lahache,
Pharmacien-major,
Hôpital militaire de Constantine.

(1) La communication de M. Lippmann a été faite en 1896 avant qu'il ait eu connaissance de cette exploration.

« Les nappes souterraines, dit-il, passent directement des terrains » crétacés du Tell dans les terrains pliocène et quaternaire du » Sahara (1). »

Jusqu'en 1886, cette opinion n'avait pas rencontré de contradicteurs.

A cette époque, étant en garnison à Biskra, je fis l'analyse des eaux de plusieurs cuvettes artésiennes. Mes recherches furent facilitées par les renseignements et l'obligeance de M. Foureau, l'explorateur du Sahara, et de M. le capitaine Imbert, chef des postes optiques. Mais il ne me vint pas à l'idée, tout d'abord, de mettre en doute l'affirmation de M. Ville. Toutefois, je fis remarquer que des infiltrations aussi profondes que celles de l'Oued R'hir pouvaient bien avoir leurs sources dans le sud tout autant que dans les Aurès (2).

Quelques mois plus tard, après avoir analysé les eaux qui descendent des Aurès (eaux fluviales et eaux de nappes peu profondes, non jaillissantes que j'appelle nappes superficielles) et comparé le résultat de mon premier et de mon deuxième travail, j'acquis la certitude que les eaux de l'Oued R'hir ne venaient pas du Nord, et je crus pouvoir affirmer que les cuvettes artésiennes représentent souterrainement les lits d'anciens cours d'eau aujourd'hui à sec, autrefois riches tributaires de la mer des Tritons et coulant du sud vers le nord (3).

II

Les eaux artésiennes de l'Oued R'hir obéissent généralement aux lois suivantes :

1° Leur niveau hydrostatique est d'autant plus élevé que les nappes sont plus profondes;

2° Le débit des sources artésiennes croit avec la profondeur des nappes ;

3° La quantité de sels dissous diminue à mesure que la profondeur des nappes augmente ;

4° Le poids et le groupement des sels dissous ne varie pas sensiblement avec les saisons, ni avec les années, pour une même cuvette. Dans les eaux analysées jusqu'à ce jour, les quantités de sels sont comprises entre 3 et 15 grammes environ par litre;

5° Les sulfates de chaux et de magnésie dominent dans les eaux artésiennes, puis viennent, par ordre de décroissance, les chlorures alcalins, les carbonates terreux, etc. ;

6° Les eaux artésiennes renferment des azotates en quantités dosables, sans qu'on puisse leur appliquer la loi 3°. Il y a tantôt plus d'acide azotique combiné dans une cuvette supérieure que dans une cuvette inférieure, et réciproquement.

Les quantités trouvées varient de 25 à 200 milligrammes, et plus, pour mille.

(1) *Explorations dans le Hodna et le Sahara*, VILLE, 1861.
(2) *Archives de Médecine et Pharmacie militaires*, pages 50 et 53, tome XIV.
(3) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, Paris, tome XX, pages 102, etc. — *Les Eaux artésiennes*, Br. Philippeville, 1889.

Il n'y a pas de courant unique, puisque les eaux n'ont pas partout la même composition. Elles sont stables, localisées dans des réservoirs naturels superposés, à sources multiples, séparés par des couches de calcaire imperméables.

La connaissance du régime des eaux jaillissantes permet de déterminer leur origine.

En premier lieu, les eaux du terrain tertiaire algérien et du calcaire fossilifère renferment surtout des chlorures alcalins. En s'infiltrant et passant dans les cuvettes quaternaires, elles conserveraient ces sels en dissolution. Or les proportions de chlorures qu'on trouve dans les eaux artésiennes sont de deux à trois fois moindres que celles qui existent dans les eaux descendant des Aurès.

Cette remarque s'applique également aux carbonates.

Les eaux artésiennes sont riches en sulfates. Les eaux des Aurès en contiennent fort peu ; il est vrai que, pendant l'infiltration en terrain quaternaire, elles pourraient en dissoudre, mais il n'y a pas de raisons pour que les quantités d'autres sels dissous diminuent considérablement.

En second lieu, le versant sud des Aurès ne renferme pas de salpêtrières naturelles, et les eaux fluviales de ce versant, comme celles des Hauts-Plateaux, comme celles du versant méditerranéen, ne renferment des azotates qu'accidentellement et en faibles quantités.

Ces eaux s'infiltrant dans le terrain tertiaire pour gagner, par des conduits souterrains, à de grandes profondeurs, à l'abri de l'air et des causes nitrifiantes, les cuvettes du Sahara, ne peuvent donc se charger d'azotates.

Si les eaux artésiennes viennent du nord, on ne peut s'expliquer la présence constante et en quantité dosable, dans leur sein, de l'acide azotique combiné.

Les eaux de certaines nappes superficielles non jaillissantes, dans le Sahara, présentent, au contraire, une proche parenté avec les eaux des Aurès. Telle est la nappe chlorurée sulfatée calcique des Zibans, qui commence à 30 *km* S.-O. de Biskra et s'étend en longueur dans le sens N.-E.-S.-O. Elle est à 1 *m* au-dessous du sol des oasis les plus rapprochées du N.-E. ; pour la rencontrer, il faut creuser de plus en plus à mesure qu'on s'enfonce vers le S.-O. Son inclinaison paraît être de 1 *m* pour 15 *km* environ. C'est elle qui donne la vie aux oasis de Zolga-Lichana, El-Amri, etc.

Il existe en bien d'autres points des nappes de ce genre. Elles n'ont rien de commun avec les cuvettes de l'Oued R'hir.

III

Examinons maintenant comment on a cherché à expliquer la présence des azotates dans les eaux profondes et superficielles du sud.

Indépendamment de quelques sources thermales, d'origine volcanique, riches en hydrogène sulfuré libre ou combiné, promptement détruit, sources situées aux confins du terrain tertiaire et dont le Hammam-Salahim, à Biskra, offre le type, il existe dans plusieurs bordjs du Sahara quelques puits où l'analyse décèle la présence constante de

l'acide sulfhydrique. Il est facile de constater que la formation de ce composé est due à la réduction par les matières organiques (dont la présence est explicable par le voisinage des lieux habités, la mauvaise construction des puits, la négligence et la malveillance des Arabes) des sulfates, dont les eaux du Sahara sont fortement chargées.

Les uns ont rattaché à une cause analogue la présence constante des azotates dans les eaux du sud (influence du sol habité).

A l'appui de cette opinion, on cite la présence de certaines salpêtrières qui, comme celle de Biskra, ont pu être exploitées autrefois.

Là, comme à Filiach, de petits mamelons provenant de l'accumulation de débris d'anciens villages arabes, bâtis en pisé, ont fourni des terres salpêtrées, mais l'existence des salpêtrières artificielles, comme celle de Biskra, est un fait rare, accidentel, dans le sud, tandis que la présence des azotates est générale dans les eaux, qu'elles soient superficielles, contaminées par les milieux habités, ou profondes comme celles des cavités artésiennes, loin de toute vie animale.

La présence des troupeaux dans les bas-fonds humides serait encore un facteur du même ordre.

Mais les déchets de la vie humaine et de la vie animale, sont ici peu de chose quand on songe à la différence entre la densité de la population saharienne et celle du versant méditerranéen dont le régime aquifère est si peu chargé d'azotates.

D'autres, comme l'Ingénieur Ville, ont relié la présence des azotates dans les eaux du Sud, aux phénomènes électriques dont l'atmosphère de cette région est le théâtre.

A la suite d'une mission scientifique dont il fut chargé dans le Sahara, M. Ville publia en 1861, l'analyse des eaux recueillies par lui entre Bône, Ouargla, le M'Zab et Alger.

Il signala particulièrement la présence des azotates dans les eaux du M'Zab. Le cinquième environ des sels naturellement dissous dans ces eaux est constitué par du nitrate de soude.

Le fait est remarquable. Il ne pouvait échapper à l'observation ni manquer de susciter les hypothèses.

Or, voici ce que M. Ville écrit à ce sujet :

« La présence de ces nitrates est probablement liée à l'état électrique » de l'atmosphère lors des violents orages qui occasionnent les crues » fécondant les oasis du M'Zab. »

Cette explication par l'état électrique de l'atmosphère, ne nous paraît pas admissible, tant pour le M'Zab que pour le reste du Sahara Algérien pour deux raisons :

C'est que d'abord, les orages dans le M'Zab ne sont ni assez fréquents, ni assez considérables, pour fabriquer, avec l'azote de l'air, les composés nitriques qu'on trouve dans les eaux.

Dans le Tell et sur les Aurès, les orages sont au moins aussi fréquents que dans le Sahara, où il ne tombe parfois pas plus de 50 *mm* de pluie d'orage par an, et pourtant les eaux du Tell et des Aurès ne renferment qu'accidentellement et en très faibles quantités des azotates (tant qu'elles n'atteignent pas le terrain quaternaire).

En second lieu, les eaux fluviales et les eaux artésiennes du Sahara donnent à l'analyse, pour une eau de même origine, une quantité d'acide azotique combiné, à peu près constante, quelle que soit l'époque de la prise d'essai, aussi bien pendant la saison des orages, que pendant toute autre saison.

D'autre part, il n'existe aucun gisement de nitrates dans les bassins des affluents du Chott Melrir, au nord et à l'ouest, bassins parfaitement explorés.

Enfin si on analyse les efflorescences qui, produites par les eaux superficielles, recrouvrent, à certaines époques de l'année, une grande partie du Sahara Algérien, et des Zibans, on trouve souvent associé aux chlorures et aux carbonates alcalins-terreux qui composent ces efflorescences du nitrate de soude.

Pour les eaux coulant à l'air libre comme l'Oued-Djedi, l'Oued-M'Zi, etc., et pour les nappes superficielles, il paraît établi que les nitrates qu'elles contiennent, proviennent de la fixation épigée de l'azote de l'air à la faveur du milieu terreux spécial, sous une pression et dans un climat spéciaux, grâce enfin à des conditions microbiennes spéciales. Ainsi, il faut, pour que le phénomène se produise avec toute son énergie, la réunion de certaines conditions de température, d'hygrométricité, d'altitude en présence d'éléments déterminés qui font que la réaction s'amoindrit dans les climats tempérés ou dans un sol autre que l'argile ou le sulfate de chaux, s'annihile dans les climats froids.

(Il résulte des travaux de M. Berthelot, que le facteur le plus important de cette production est la température.)

Ce serait une spécialité du terrain gypseux des latitudes chaudes, en présence d'eau chargée de carbonates alcalino-terreux, de produire la nitrification avec son maximum d'intensité.

Quant aux nitrates contenus dans les eaux artésiennes, leur origine doit être différente. Les cuvettes de l'Oued R'hir sont recouvertes de calcaire imperméable qui empêche le jaillissement et les infiltrations locales nitrées.

D'autre part, ces eaux viennent de très loin. Les infiltrations qui alimentent ces réservoirs ont lieu dans les parties supérieures des bassins de l'Oued Mia et de l'Igarghar à une altitude élevée, qu'explique le jaillissement des nappes, entre l'Ahaggar et le Tinghért. Là, le climat n'est plus celui des Zibans ou du Souf. M. Foureau y a observé des températures minima atteignant — 6° en hiver et plus. La flore est celle des Aurès. En 1886, je supposais que la nitrification devait se faire à la surface de ces régions comme autour du Chott Mel'rir, mais elles n'en ont ni la constitution géologique, ni l'altitude, ni le climat.

On peut déduire des derniers renseignements donnés par M. Foureau, que les infiltrations s'étendent des grès qui bordent le Nord du Tassili jusqu'aux granits du Ahaggar. Qui pourrait dresser la carte de tous les nombreux systèmes de conduits souterrains répartis le long de la vallée de l'Igarghar et de ses affluents? Partant de sols si différents, il n'est pas étonnant que les eaux des cuvettes ne présentent pas partout la même composition.

Dans ces régions comprises entre le 25° et le 30° de latitude, il n'y a

plus de terrain quaternaire. La fixation de l'azote de l'air ne peut s'y produire que d'une façon irrégulière et peu sensible, sinon nulle, comme dans les Aurès et le versant méditerranéen. Dès lors, il ne parait pas téméraire de croire que les azotates des eaux artésiennes doivent provenir de la lixiviation par des affusions pluviales de gisements analogues à ceux du Chili.

Nous sommes loin actuellement des conditions dans lesquelles ces gisements ont pu se produire, c'est-à-dire que leur production, comme celle des phosphates, ne se continue plus, la température, l'hygrométricité, la nature du milieu n'étant plus ce qu'elles étaient quand les salpêtrières naturelles fonctionnaient à la faveur de l'atmosphère chaude, humide, ozonisée et riche en acide carbonique de l'époque tertiaire.

M. l'Ingénieur Souleyre, dans une note parue dans *la Revue Scientifique* (12 septembre 1896), établit par de solides raisons la possibilité de tels gisements vers la Sebhka d'Amagdor. Une preuve chimique semble pouvoir être ajoutée à ses déductions géographiques :

C'est la présence du nitre dans les eaux profondes de l'Oued R'hir.

LES FORCES NAVALES
ESPAGNOLES ET AMÉRICAINES

PAR

M. L. de CHASSELOUP-LAUBAT

AVANT-PROPOS

Cette étude des flottes de l'Espagne et des États-Unis est purement technique. En tant que membre de la Société des Ingénieurs Civils, l'auteur ne doit exposer ni les causes du conflit ni les valeurs respectives des forces morales et matérielles dont peuvent disposer les deux nations en présence. Il se bornera donc à déclarer qu'à tous égards il déplore profondément la guerre actuelle, et salue respectueusement les hommes courageux qui, de part et d'autre, vont affronter la mort sur les flots.

Son unique but a été de fournir aux membres de la Société des renseignements précis sur le matériel naval des Espagnols et des Américains. Les navires de guerre modernes sont, en effet, de véritables usines renfermant jusqu'à 25 000 *ch* de force; contenant plusieurs dizaines de machines différentes où la vapeur, la pression hydraulique, et l'électricité sont mises à contribution; possédant une artillerie capable de lancer soit quatre tonnes de métal d'un seul coup, ou encore quatre tonnes de métal à la minute pendant un certain temps.

De pareils engins de destruction ne peuvent être utilement confiés qu'à des hommes possédant une grande valeur technique : le mécanicien joue le principal rôle sur le navire moderne; et c'est en mécanicien qu'il convient d'étudier les forces en présence.

Le travail comprend d'abord, pour chacune des deux nations, des monographies des principaux types de bâtiments. Elles ont été établies à l'aide de renseignements personnels obtenus pendant des visites faites soit aux chantiers soit aux bâtiments eux-mêmes, et en utilisant un grand nombre de diverses publications techniques, parmi lesquelles une mention toute spéciale doit être accordée au fascicule de la *Revue technique de l'Exposition de Chicago*, où M. Bertin a fait une si belle étude de la marine américaine moderne.

Dans les tableaux synoptiques des deux flottes, nous avons adopté une disposition que nous espérons renfermer le maximum de renseignements utiles dans le minimum d'espace ; nous y avons adopté, pour désigner l'artillerie, la même disposition que l'*Aide-mémoire de l'officier de marine*, publié par MM. Durassier et Valentino ; c'est-à-dire que le nombre des pièces est indiqué en chiffres romains et le calibre de ces pièces en millimètres en chiffres arabes.

Les catégories dans lesquelles sont classés les navires des deux puissances peuvent sans doute être contestées et critiquées. Elles paraîtront pourtant admissibles et suffisamment conformes à la réalité des faits, si l'on veut bien ne point perdre de vue que, dans la formation des groupes de bâtiments, la vitesse moyenne en haute mer, et la vitesse maxima pratiquement réalisable, également en haute mer, sont évidemment les deux considérations fondamentales.

Enfin, en ce qui concerne l'artillerie, nous avons fait des tableaux donnant pour chaque pièce le poids du projectile, la vitesse initiale, la force vive à la bouche, le nombre maximum de coups à la minute que la pièce peut tirer pratiquement dans un combat court; le poids de projectiles que la pièce envoie à la minute pendant un combat court; le nombre de tonnes-mètre à la minute que la pièce peut effectuer pendant un combat court ; le nombre de coups que la pièce peut pratiquement tirer à la minute pendant un combat prolongé ; le poids de projectiles que la pièce peut envoyer à la minute pendant un combat prolongé ; le nombre de tonnes-mètre que la pièce peut effectuer à la minute pendant un combat prolongé.

On pourra ainsi, en rapprochant les chiffres de ce tableau des shémas et des monographies qui donnent la disposition et la puissance d'artillerie de chaque bâtiment, se rendre compte des tonnes-mètre et des poids de projectiles dont disposent les différents adversaires en présence : les nombres de tonnes-mètre peuvent être considérés comme représentant l'énergie disponible pour la perforation des plaques de cuirasse, tandis que les poids des projectiles peuvent être considérés comme représentant les puissances de destruction disponibles pour l'attaque des portions non blindées des bâtiments.

Il convient de remarquer qu'à 2 000 ou 2 500 *m* le nombre de tonnes-mètre est environ la moitié de ce qu'il est à la bouche.

BATIMENTS ESPAGNOLS

Navires de combat en haute mer, à grande vitesse et armement léger.

INFANTA-MARIA-TERESA, ALMIRANTE-OQUENDO, VIZCAYA, ET PRINCESA-DE-ASTURIAS

Description générale. — Construit à Bilbao et lancé en 1890, l'*Infanta-Maria-Teresa* est un bâtiment assez élégant de formes, bien que les grandes tourelles contenant les grosses pièces de chasse et de retraite soient peut-être trop rapprochées des extrémités, et donnent ainsi l'impression d'un bâtiment qui doit avoir des tangages durs et fatigants.

L'avant à éperon légèrement renversé, l'arrière presque elliptique, les murailles droites montrent l'influence des idées anglaises. Au centre du bâtiment, entre les deux grandes tourelles, règne une légère superstructure abritant les hommes contre le vent et les embruns ; les pièces d'armement secondaire tirent au travers de larges sabords pratiqués dans cette superstructure.

Deux cheminées très penchées sur l'arrière sont à l'avant du maître-bau. Deux mâts également très penchés sur l'arrière et portant chacun une hune s'élèvent aux extrémités de la superstructure entre le milieu du navire et les grosses tourelles.

Dimensions. — Les dimensions principales sont :

Longueur totale	110,95 *m*
— entre perpendiculaires	103,63 *m*
Largeur	19,86 *m*
Creux du haut de la quille sous les baus du pont supérieur	11,58 *m*
Tirant d'eau moyen	6,55 *m*
— arrière	6,75 *m*
Déplacement correspondant	7 000 *t*
Hauteur métacentrique avec l'armement complet	1,512 *m*
Hauteur métacentrique après consommation du charbon, des munitions et des provisions	1,673 *m*

Coque. — La coque, en acier, est à double fond de 75 à 90 *mm* de hauteur suivant le principe cellulaire; elle est divisée en de nombreux compartiments étanches par 11 cloisons transversales et longitudinales. Il faut remarquer toutefois que la cloison longitudinale ne paraît pas avoir été prolongée à travers les chambres de chauffe, au moins dans les premiers bâtiments de cette classe.

Les soutes sont placées de part et d'autre des machines.

Au-dessus du pont blindé, il y a deux entreponts à l'avant et à l'arrière; au centre, les murailles verticales sont prolongées de la hauteur d'un troisième entrepont pour loger les canons de 140 *mm*, supporter les embarcations et former, suivant la mode anglaise, un abri où l'équipage tout en étant en plein air, est protégé contre le vent et les embruns.

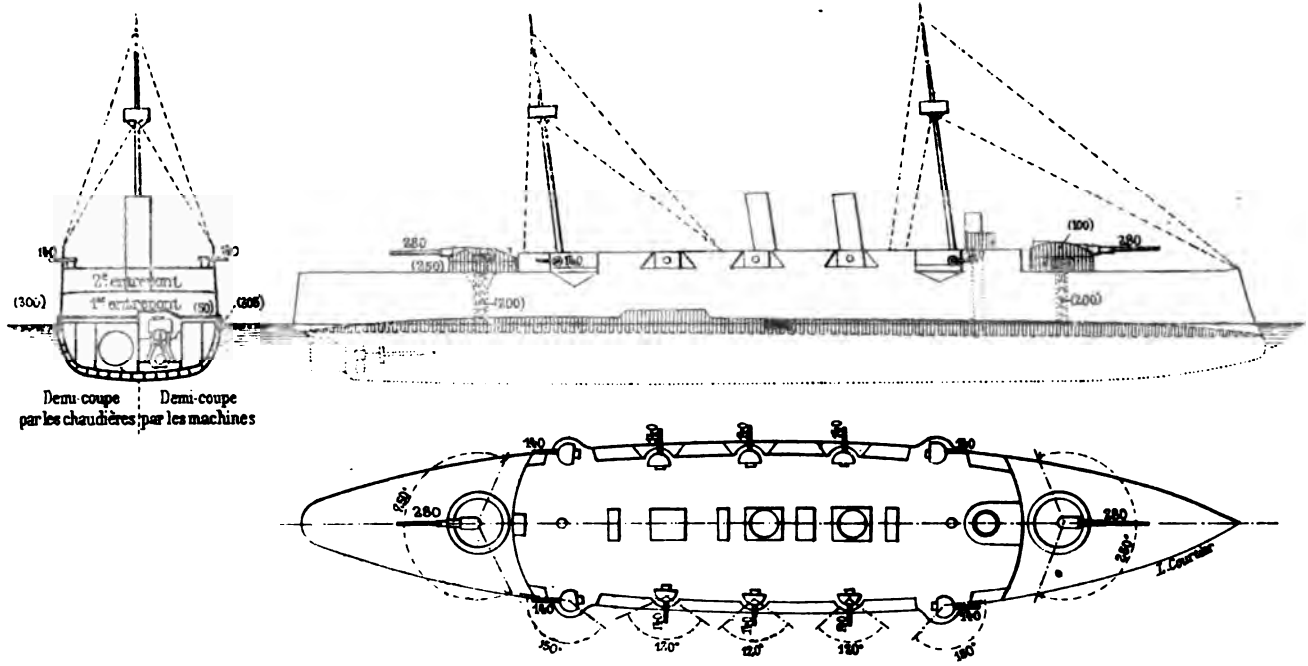
Voici le devis de poids de ce navire:

Coque	3 693,5 *t*
Cuirasse	957 *t*
Machines, chaudières et eau	1 248,5 *t*
Charbon	426 *t*
Artillerie et munitions	463 *t*
Divers	212 *t*
Déplacement total	7 000 *tx*

Protection. — La protection de la coque est assurée par une ceinture cuirassée de 96 *m* de longueur, 1,67 *m* de hauteur et 305 *mm* d'épaisseur appuyée sur un matelas de teck de 150 *mm*. Au can supérieur de la cuirasse, un pont blindé règne sur toute la longueur du bâtiment; il a 50 *mm* d'épaisseur dans les parties horizontales et 75 *mm* dans les parties inclinées qui, aux extrémités du bâtiment, partent du can supérieur de la cuirasse pour aller rejoindre la coque à 1,20 *m* environ au-dessous de l'eau. La tourelle de commandement est blindée à 305 *mm*; elle communique à l'intérieur du bâtiment par un tube blindé à 100 *mm* environ. Comme les machines dépassent le pont blindé d'une certaine hauteur, on a installé, pour les protéger, des surfaces inclinées à 30° environ, blindées à 150 *mm* d'épaisseur et s'élevant à une hauteur d'environ 1,80 *m*.

Les deux tourelles-barbettes avant et arrière ont des blindages de 250 *mm* d'épaisseur; elles reposent sur un tube monte-charge en partie tronc-conique blindé à 200 *mm*. La carapace tournant avec le canon a 100 *mm* d'épaisseur.

Les canons de 140 *mm* sont protégés par des masques blindés.



Infanta-Maria-Teresa.

Machines et chaudières. — L'appareil moteur, d'une puissance de 13 500 *ch* indiqués consiste en deux machines à triple expansion, placées à côté l'une de l'autre chacune dans un compartiment étanche, qui actionnent chacune une hélice à trois branches en bronze de 5 *m* de diamètre et 6,15 *m* de pas. Les cylindres ont respectivement pour diamètre : 1,067 *m*, 1,575 *m* et 2,337 *m* ; la course des pistons est de 1,168 *m* ; les tiroirs sont cylindriques pour les cylindres à haute pression, plats pour les autres. Les condenseurs sont entièrement en laiton et offrent une surface totale de 1,356 m^2.

Quatre chaudières doubles et deux chaudières simples timbrées à 10,500 *kg* possèdent les unes huit, et les autres quatre foyers Purves de 2,108 *m* de long et 99 *cm* de diamètre, soit au total 40 foyers offrant une surface de grilles d'environ 78,50 m^2 pour une surface de chauffe totale de 2,407,96 m^2. Chaque chaudière n'a qu'une seule chambre de combustion.

Les grandes chaudières ont chacune 4,65 *m* de diamètre et 4,95 *m* de long. Leurs tubes, au nombre de 1072 pour chacune ont 1,90 *m* de long et 63,7 *mm* de diamètre.

Les petites chaudières ont le même diamètre, mais n'ont que 3 *m* de long. Leurs tubes ont 2,058 *m* de long et 63,7 *mm* de diamètre ; ils sont au nombre de 536 pour chacune.

Les six chaudières principales sont réparties dans deux compartiments étanches qui occupent chacun toute la largeur du bâtiment. Le compartiment arrière renferme deux des grands générateurs ; le compartiment avant les quatre autres.

Il y a, en outre, deux chaudières auxiliaires mises dans l'entrepont.

Neuf ventilateurs d'un diamètre de 1,676 *m* sont affectés au service des chaudières principales pour le tirage forcé.

Les essais officiels ont donné les résultats suivants :

	Durée des essais.	Vitesse.	Tours par minute.	Puissance développée.
	heures	nœuds		chevaux
Tirage naturel (18 septembre 1893.	6	18,5	107	9 499
Tirage forcé (14 octobre 1893). .	4	20,24	118	13 722

(avec pression de 25 *mm* dans la chambre de chauffe.

L'essai de consommation, prolongé pendant douze heures à la vitesse de 10 nœuds et au régime de 55 tours à la minute, a donné 0,650 *kg* par cheval et par heure, la puissance développée

n'étant que de 1 231 *ch.* La distance franchissable ressortirait, d'après cette expérience, à 9 800 milles marins à la vitesse de 10 nœuds.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon au tirant d'eau normal est de 450 *t;* il peut être porté à 1 015 *t.*

Armement. — L'armement comprend :

2 canons Hontoria de 280 *mm*, placés sur le pont supérieur, dans l'axe longitudinal, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière dans les tourelles-barbettes indiquées plus haut. Leur champ de tir ininterrompu est de 250°.

10 canons de 140 *mm* Hontoria, à tir rapide (?), placés également sur le pont supérieur et tirant au travers de larges ouvertures pratiquées dans la superstructure qui règne au centre du bâtiment. Quatre de ces canons sont placés en encorbellement aux angles de la superstructure ; deux tirent en chasse directe et par le travers avec un champ de tir ininterrompu de 150° et les deux autres en retraite directe et par le travers également avec le même champ de tir de 150°. Les six autres pièces de 140 *mm* tirent par le travers avec un champ de tir ininterrompu de 120°.

La petite artillerie à tir rapide se compose de :

8 canons de 57 *mm* Nordenfeldt,
8 — 37 *mm* Hotchkiss.

Il y a, en outre, 8 tubes lance-torpilles : deux à l'avant, deux à l'arrière et deux de chaque côté. (1)

L'*Infanta-Maria-Teresa* dispose donc en chasse et en retraite directes de :

1 canon de 280 *mm* et 2 canons de 140 *mm* ;

par le travers de :

2 canons de 280 *mm* et 5 canons de 140 *mm*.

Équipage. — L'équipage est de 500 hommes.

Remarques. — Les quatre bâtiments de la classe *Infanta-Maria-Teresa* représentent avec le *Carlos V* et le *Cristobal-Colon* la majeure partie des forces espagnoles ; ils constituent ensemble

(1) Il est possible que les deux tubes de l'avant aient été supprimés, comme on le fait de plus en plus aujourd'hui.

un groupe homogène de navires rapides, bien armés et suffisamment marins. Ils pourraient faire beaucoup de mal à n'importe quelle puissance maritime, surtout s'ils sont appuyés par un nombre suffisant de torpilleurs de haute mer ou de contre-torpilleurs de 300 *t* au moins.

L'*Infanta-Maria-Teresa* porte une puissante artillerie. Ses deux grosses pièces sont bien protégées.

Pourtant, ce bâtiment n'est point sans présenter de nombreux inconvénients : pour un navire à grande vitesse, ayant une grande finesse de formes, l'avant est un peu bas, et les grosses tourelles relativement rapprochées des extrémités doivent — surtout la tourelle de l'avant — le faire tanguer beaucoup.

Mais ses défauts les plus graves sont bien certainement l'absence complète de protection de l'artillerie moyenne, ainsi que la réserve trop faible de stabilité et de flottabilité cuirassées.

Des obus, même de petit calibre, peuvent ainsi mettre hors de combat l'artillerie moyenne considérée aujourd'hui comme un facteur indispensable de la puissance offensive des navires de guerre modernes.

Ces petits obus peuvent également, sans entamer la ceinture, faire chavirer et couler l'*Infanta-Maria-Teresa* : la sécurité que, sur un bâtiment long et étroit, donne un caisson rectangulaire blindé peu élevé et que ne surmonte aucune tranche cellulaire sérieuse est tout à fait illusoire : déjà notoirement insuffisante en flottaison normale, elle diminue encore au fur et à mesure qu'augmente la surcharge. Le poids consacré à la cuirasse de ceinture eût certainement été mieux employé à faire une tranche cellulaire bien constituée et à protéger l'artillerie moyenne contre les éclats d'obus.

Il paraît évident que l'*Infanta-Maria-Teresa* est trop petit pour porter un 280 *mm* en chasse dans une tourelle blindée ; par conséquent, si pour des considérations budgétaires on ne voulait pas dépasser le déplacement de 7 000 *tx*, il aurait mieux valu supprimer la tourelle de 280 *mm* avant et prolonger la dunette par une longue tengue. On aurait gagné ainsi assez de logement pour permettre de consacrer la majeure partie, voire même la totalité de l'entrepont inférieur exclusivement à la tranche cellulaire.

Quant à la cuirasse de flanc, elle aurait pu être avantageusement remplacée par un pont blindé sous-marin, des traverses cuirassées à l'avant et à l'arrière des machines et des chaudières, une légère protection à l'artillerie moyenne, une tranche cellu-

laire, et peut-être même une cuirasse de flanc légère et assez haute reliant les traverses.

L'artillerie moyenne eût pu être alors disposée ainsi : une pièce de 140 *mm* en tourelle légère par-dessus la teugue, huit pièces de 140 *mm* en encorbellements blindés formant casemates sur les flancs.

La pièce de 280 *mm* arrière aurait pu, en réduisant les parties arrière de la superstructure centrale, avoir son champ de tir jusqu'à 30° environ de l'axe en chasse.

En un mot, il est certain que les constructeurs espagnols, s'ils tenaient à installer de très grosses pièces sur leurs croiseurs, auraient bien mieux fait de s'inspirer du *Matsushima* que de l'*Orlando*.

Emperador-Carlos V.

Description générale. — L'*Emperador-Carlos V*, lancé le 12 mars 1895, à Cadix, aux chantiers Noriega et Cie, présente l'aspect général des bâtiments de la classe *Maria-Teresa*. Il diffère seulement de ceux-ci par le fait d'avoir une cheminée en plus.

Dimensions. — Ses dimensions sont :

Longueur entre perpendiculaires . . .	115,82 *m*
Longueur totale	123,36 *m*
Largeur	20,42 *m*
Creux sur quille	12,12 *m*
Tirant d'eau moyen	7,78 *m*
— arrière	8 00 *m*
Déplacement total correspondant . . .	9 335 *tx*

Au-dessus du pont blindé, deux entreponts règnent sur toute la longueur du bâtiment, comme sur les navires du type *Infanta Maria-Teresa* ; une légère superstructure forme, au centre du bâtiment, un abri pour l'équipage.

Coque. — La coque est en acier, du modèle ordinaire.

Protection. — La protection des parties vitales est assurée par un pont en dos d'âne dont l'épaisseur varie de 50 *mm* à 150 *mm* (1), les plaques de 150 *mm* seraient faites en trois épaisseurs. Par le

(1) Les détails fournis par diverses publications spéciales sur la protection du *Carlos V* étant contradictoires, nous ne les donnons que sous toutes réserves.

travers des machines, sur une cinquantaine de mètres de longueur, la muraille extérieure du bâtiment est recouverte d'un blindage de 50 *mm* d'épaisseur. Deux traverses cuirassées à 50 *mm* sur 1,80 *m* de haut constituent une sorte de réduit central, grâce auquel on espère provoquer l'explosion des obus à forts explosifs en dehors de l'aplomb des parties vitales du navire. Un léger blindage de 50 *mm* recouvre également la partie centrale du navire, à la hauteur du deuxième entrepont et de la superstructure, afin de protéger l'artillerie moyenne.

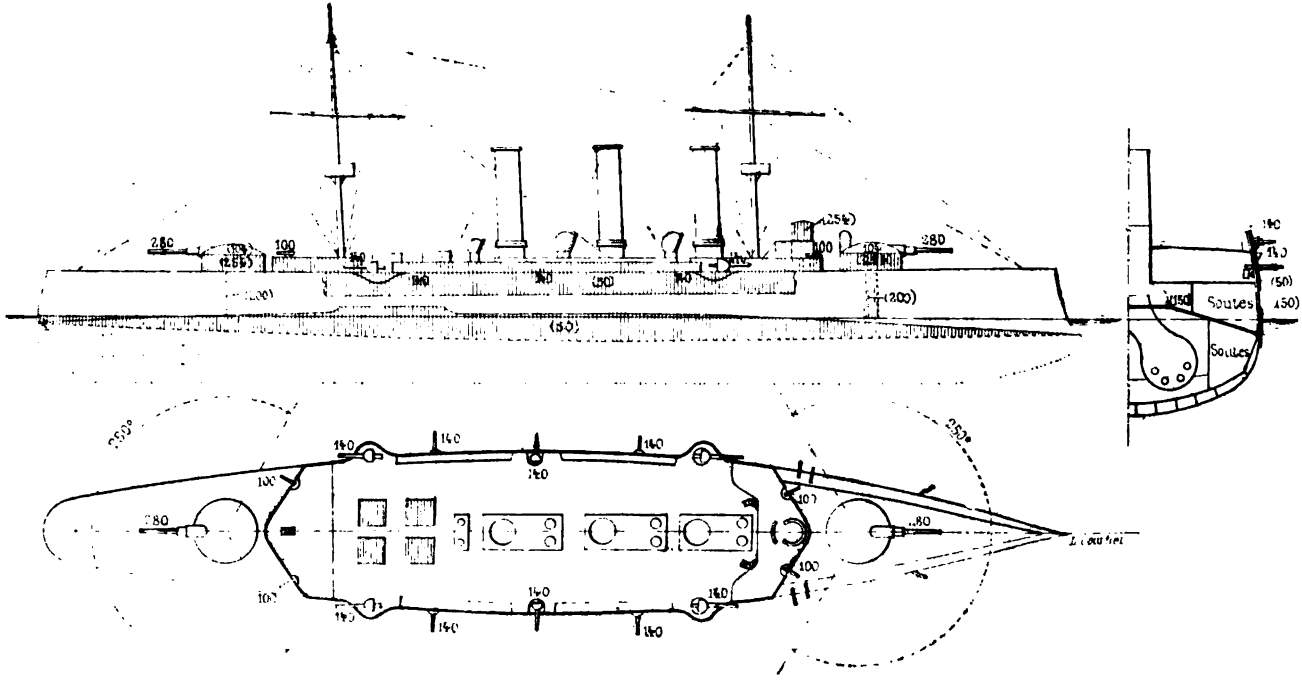
A l'avant et à l'arrière, dans l'axe longitudinal, se trouvent deux tourelles cuirassées à 254 *mm* reposant sur des monte-charges blindés à 200 *mm*; le bouclier tournant avec les canons est blindé à 104 *mm*. Le poste de commandement est blindé à 254 *mm* comme les tourelles.

Machines et chaudières. — Deux machines à quadruple expansion, actionnant chacune une hélice et d'une puissance totale de 15 000 *ch* capable d'atteindre 18 000 *ch* au régime de 100 tours à la minute, constituent la force motrice principale du navire. Les diamètres des cylindres sont : 1,300 *m* pour le cylindre haute pression; 1,929 *m* pour le cylindre intermédiaire et 2,052 *m* pour chacun des deux cylindres basse pression. La course des pistons est de 1,132 *m*. Les tiroirs des cylindres haute pression sont à piston; les autres sont des tiroirs plats. Les deux principaux condenseurs, en métal à canon, sont formés de tubes de 19 *mm* de diamètre et offrent une surface totale de refroidissement de 2 090 m^2.

Les deux hélices sont en métal à canon à quatre branches; elles ont 5,49 *m* de diamètre et 7,320 *m* de pas. La vapeur est fournie par douze chaudières cylindriques à triple façade de 5 *m* de diamètre et 3 *m* de longueur, comportant 48 foyers de 1,15 *m* de diamètre. La surface totale de grilles est de 115,75 m^2 et la surface totale de chauffe de 3 421 m^2; les tubes, au nombre de 7 080, ont un diamètre de 63 *mm*.

La vitesse serait de 19 nœuds au tirage naturel et de 20 nœuds au tirage forcé.

Approvisionnement de charbon. — Les soutes pourraient contenir 1 770 *t* de charbon, ce qui assurerait au navire un rayon d'action de 13 000 milles marins à la vitesse de 10 nœuds.



Emperador-Carlos V.

Armement. — L'armement comporte :

2 canons Hontoria de 280 *mm*, installés dans les tourelles avant et arrière et tirant par-dessus le pont supérieur avec un champ de tir d'environ 250°.

6 canons Hontoria de 140 *mm* à tir rapide dans le faux-pont supérieur tirant par le travers (1).

4 canons Hontoria de 140 *mm* à tir rapide placés sur de légers encorbellements aux angles de la superstructure, sur le pont supérieur, et tirant : deux en chasse directe et par le travers et deux en retraite directe et par le travers.

4 canons Hontoria de 100 *mm* à tir rapide, probablement placés sur des passerelles près des angles de la superstructure et faisant feu : deux en chasse directe et par le travers, deux en retraite directe et par le travers.

2 canons Hontoria de 70 *mm* à tir rapide qui paraissent être des pièces de débarquement.

Enfin, 4 canons Nordenfeldt de 57 *mm* à tir rapide et 8 de 37 *mm* (2).

Il y a, croyons-nous, 6 tubes lance-torpilles : deux de chaque bord et deux en arrière.

Équipage. — L'équipage est de 550 hommes (3).

Cristobal-Colon.

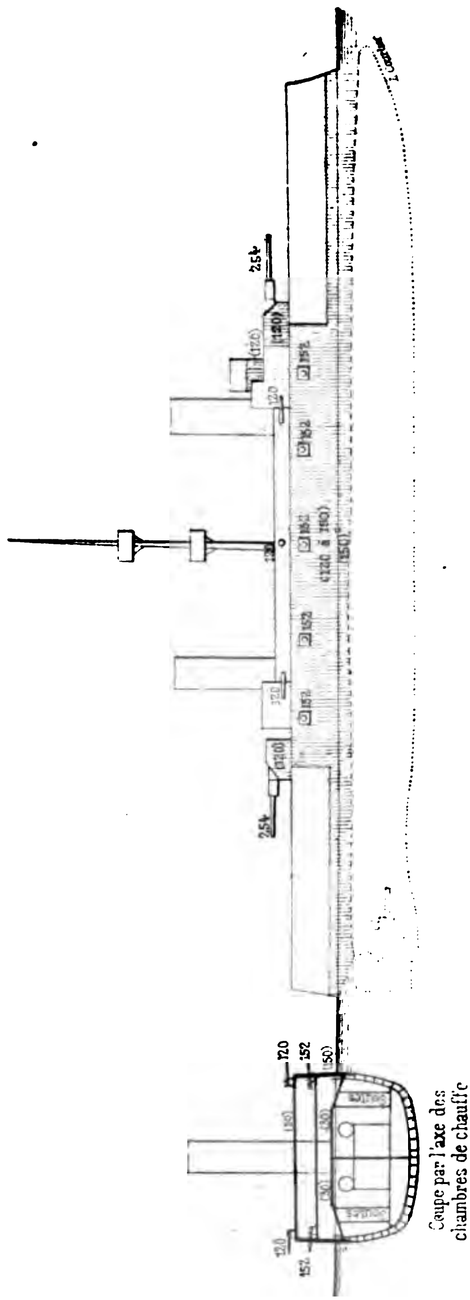
Description générale. — Le *Cristobal-Colon* a été construit à Gênes par les chantiers Ansaldo avec une rapidité extraordinaire : mis en chantier le 25 septembre 1895, il fut lancé le 16 septembre 1896 et fit ses essais de machine le 27 avril 1897. Cette rapidité d'exécution fait le plus grand honneur aux chantiers Ansaldo. Elle montre également l'avantage que procure la construction de plusieurs bâtiments sur le même modèle : le *Cristobal-Colon*, est en effet le dernier venu d'une série de bâtiments identiques construits pour l'Italie, la République Argentine et l'Espagne.

C'est un beau navire ayant la simplicité des lignes et l'absence de superstructures qui caractérisent la plupart des navires italiens.

(1) Certaines publications indiquent 4 canons Hontoria seulement, au lieu de 6 ; mais d'après une photographie, nous avons lieu de croire que le chiffre 6 est exact.

(2) Il est probable que la petite artillerie à tir rapide a été modifiée et augmentée en cours de construction.

(3) Ce chiffre, que donnent généralement les publications spéciales, semble un peu faible ; l'équipage ne doit guère être inférieur à 600 hommes.



Cristobal-Colon.

Les œuvres-mortes, composées de deux entreponts, ont au-dessus de l'eau une hauteur sensiblement uniforme de l'avant à l'arrière.

L'avant bien que n'étant pas fort élevé, paraît pourtant bien défendu ; et les grosses pièces, situées en tourelles dans l'axe longitudinal, doivent certainement pouvoir tirer par très mauvais temps parce qu'elles sont relativement rapprochées du centre et qu'elles ne doivent pas fatiguer beaucoup le bâtiment. Deux grosses cheminées s'élèvent vers l'avant et vers l'arrière de la légère superstructure qui occupe le centre du bâtiment. Au milieu du navire, il y a un mât militaire unique.

Dimensions. — Les dimensions principales sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires	100 *m*
Largeur au fort	18,50 *m*
Tirant d'eau moyen	7,10 *m*
— arrière	7,30 *m*
Déplacement en charge	7 000 *tx*

Coque. — La coque, établie en acier, est du modèle ordinaire en usage pour les bâtiments de combat : avec double fond et division en nombreux compartiments étanches. Un cloison étanche longitudinale règne de l'avant à l'arrière. Au-dessus du pont blindé et de la tranche cellulaire s'élevent deux entreponts régnant de l'avant à l'arrière.

Protection. — Un pont en dos d'âne, cuirassé à une trentaine de millimètres, s'élève au milieu à 90 *cm* au-dessus de la flottaison ; aux extrémités du bâtiment il s'enfonce pour rejoindre la coque à un peu plus d'un mètre au-dessous de l'eau.

De l'avant à l'arrière, sur une hauteur d'environ 2 *m* règne une ceinture verticale en acier-nickel de 150 *mm* au maximum ; au-dessus de cette ceinture, dans la partie médiane du bâtiment, sur toute la largeur et sur la moitié environ de la longueur totale de celui-ci, un réduit blindé s'élève et monte jusqu'au sommet du deuxième entrepont ; ce réduit est fermé à l'avant et à l'arrière par des traverses blindées qui s'élèvent, elles aussi, à la hauteur des deux entreponts. Le plafond est protégé par des plaques de 50 *mm*. Le réduit, blindé avec des plaques de nickel-acier dont l'épaisseur varie de 120 *mm* à 150 *mm* constitue une importante réserve de flottabilité cuirassée et protège contre les obus de moyen calibre non seulement la majeure partie de l'armement secondaire, mais encore les bases des cheminées, les

panneaux des machines et la partie du pont blindé qui s'étend au-dessus des organes vitaux du bâtiment.

Sur le plafond du réduit, à l'avant et à l'arrière de celui-ci, et dans l'axe longitudinal du bâtiment, viennent s'appuyer les deux barbettes cuirassées de 120 *mm*. A l'arrière de la barbette avant, se trouve le réduit du commandant protégé par des plaques de 120 *mm* environ.

Machines et chaudières. — Deux machines verticales à triple expansion, d'une puissance totale de 14 000 *ch*, sont installées au centre du bâtiment, chacune dans un compartiment étanche, de part et d'autre de la cloison longitudinale. Les tiroirs sont cylindriques pour les cylindres à haute pression, et plats pour les autres. Deux condenseurs principaux avec tubes de laiton, ayant chacun une surface réfrigérante de 680 m^2, sont affectés aux deux machines principales.

Il y a, comme sur tous les bâtiments de guerre, un grand nombre de machines auxiliaires. Il existe huit ventilateurs pouvant donner une pression de 25 *mm* d'eau dans la chambre de chauffe.

Les 24 chaudières, du système Niclausse, sont toutes adossées à la cloison longitudinale du navire ; elles sont réunies deux à deux sous un même réservoir, disposition qui a l'avantage de simplifier la tuyauterie et la conduite des appareils, mais qui a l'inconvénient d'immobiliser à la fois deux chaudières au lieu d'une dans le cas d'avarie. Les douze groupes ainsi formés sont répartis par série de trois dans quatre chaufferies situées : deux à l'avant des machines et deux à l'arrière. Les collecteurs des chaudières sont disposés parallèlement à l'axe longitudinal du bâtiment; par conséquent, les tubes vaporisateurs sont perpendiculaires à cet axe. En face des portes de foyers et de cendriers, en abord du bâtiment, s'ouvrent les soutes principales de combustible.

Chaque groupe de deux chaudières comporte 22 collecteurs recevant chacun 18 tubes d'un diamètre intérieur de 75 *mm* et d'une épaisseur de 6,5 *mm*. Le nombre total des tubes est de 4752. La surface totale de grilles est de 88,94 m^2 et la surface de chauffe, 32 fois plus étendue est de 2,876,67 m^2.

Les deux cheminées sont de dimensions considérables ; leur hauteur est de 24 *m* au-dessus des grilles et chacune d'elles a une section de 6,56 m^2.

Le poids total des chaudières est de 376 *t* avec eau et tous accessoires et cheminées. Ce poids se décompose ainsi :

Chaudières	280 *t*
Eau	60 *t*
Accessoires et cheminées.	36 *t*
ENSEMBLE	376 *t*

Il ressort de ces chiffres que chaque tube peut facilement faire une force d'environ 3 *ch* et que le poids des chaudières, par cheval, est de 27 *kg* dont 4,3 *kg* pour l'eau et 2,7 *kg* pour les accessoires et les cheminées.

La fabrication et le montage des chaudières ont été effectués avec une rapidité qui fait grand honneur au constructeur. Les chaudières, commandées le 1er septembre 1896 à la maison Niclausse, à Paris, furent expédiées dans le courant de décembre de la même année. Le montage fut effectué dans le courant de janvier ; les 13 et 14 février, on fit les premiers essais à froid ; les 19 et 25 février, les essais officiels à froid furent effectués par les Espagnols ; le 13 mars, on alluma les feux ; du 15 mars au 7 avril, on fit différents essais et le réglage des soupapes, de sorte que les 10, 13, 28 et 30 avril et 4 mai, on put effectuer la série des essais au large.

Les essais ont donné les résultats les plus remarquables. On a obtenu au tirage naturel, avec un personnel très peu exercé et en ne consommant guère plus de 0,8 *kg* par cheval et par heure 19,6 nœuds, vitesse supérieure de 0,1 nœud à celle prévue au tirage forcé, tandis que sur le premier *Garibaldi*, cédé à la République Argentine, avec le consentement du Gouvernement italien, bâtiment identique, mais pourvu de chaudières cylindriques, la vitesse n'avait été que de 18,3 nœuds au tirage naturel, ce qui montre l'avantage résultant de l'adoption d'un bon modèle de chaudières aquitubulaires.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon correspondant au déplacement de 7 000 *t.* est de 600 *t.* ; il peut être doublé en cas de besoin.

Armement. — L'armement se compose de : 2 pièces Armstrong de 254 *mm* placées chacune dans une des barbettes avant et arrière ; ces pièces tirent par-dessus le pont supérieur avec un champ ininterrompu de 250° environ.

10 pièces de 152 *mm* Armstrong à tir rapide dans l'entrepont supérieur du réduit. Chacune de ces pièces a un champ de tir de 110° environ ; les deux pièces les plus à l'avant peuvent tirer en chasse jusqu'à 10° de l'axe longitudinal ; les deux le plus à l'arrière, en retraite, à 15° de cet axe.

6 pièces de 120 *mm* protégées par des masques, sur le pont supérieur, sensiblement au même niveau que les pièces de 254 *mm*. Deux de ces pièces tirent en chasse directe et par le travers, deux en retraite directe et par le travers et deux par le travers seulement.

La petite artillerie à tir rapide se compose de 10 pièces de 57 *mm* et de 10 pièces de 47 *mm* ; elle est placée sur les superstructures centrales et dans la hune du mât unique situé au centre du bâtiment.

Il y a, en outre, 5 tubes de lancement au-dessus de l'eau pour torpilles Schwartzkopf : l'un est à l'arrière ; les quatre autres situés dans l'entrepont blindé inférieur, aux quatre angles du réduit, tirent par le travers.

Le *Cristobal Colon* dispose ainsi, en chasse directe et en retraite directe, de :

1 canon de 254 *mm* et 2 canons de 120 *mm*.

par le travers :

2 canons de 254 *mm* ; 5 canons de 152 *mm* et 3 canons de 120 *mm*.

Trois puissants projecteurs électriques complètent la défense contre les torpilleurs.

Toutes les manœuvres des canons de 254 *mm* ainsi que le service des munitions se fait par l'électricité.

Equipage. — L'équipage est de 450 hommes.

Remarques. — Ce bâtiment est très remarquable eu égard à ses dimensions relativement faibles.

On peut même dire qu'en faisant un devis sommaire de poids, on arrive difficilement à comprendre comment il peut porter, sans avoir une forte surcharge, tous les poids que supposent son artillerie, sa cuirasse et sa machine : on se demande si l'approvisionnement des pièces n'est pas exceptionnellement faible, si les épaisseurs de blindage indiquées ne sont pas des maxima qui

règnent seulement sur une faible proportion de la surface couverte, ou si les constructeurs n'ont pas admis pour la coque, les œuvres-mortes et les machines, des échantillons et des coefficients de sécurité beaucoup moindres que ceux que l'on prend généralement.

Enfin le tir en chasse directe et en retraite directe est réellement trop sacrifié.

Navire de combat en haute mer à moyenne vitesse et à armement puissant.

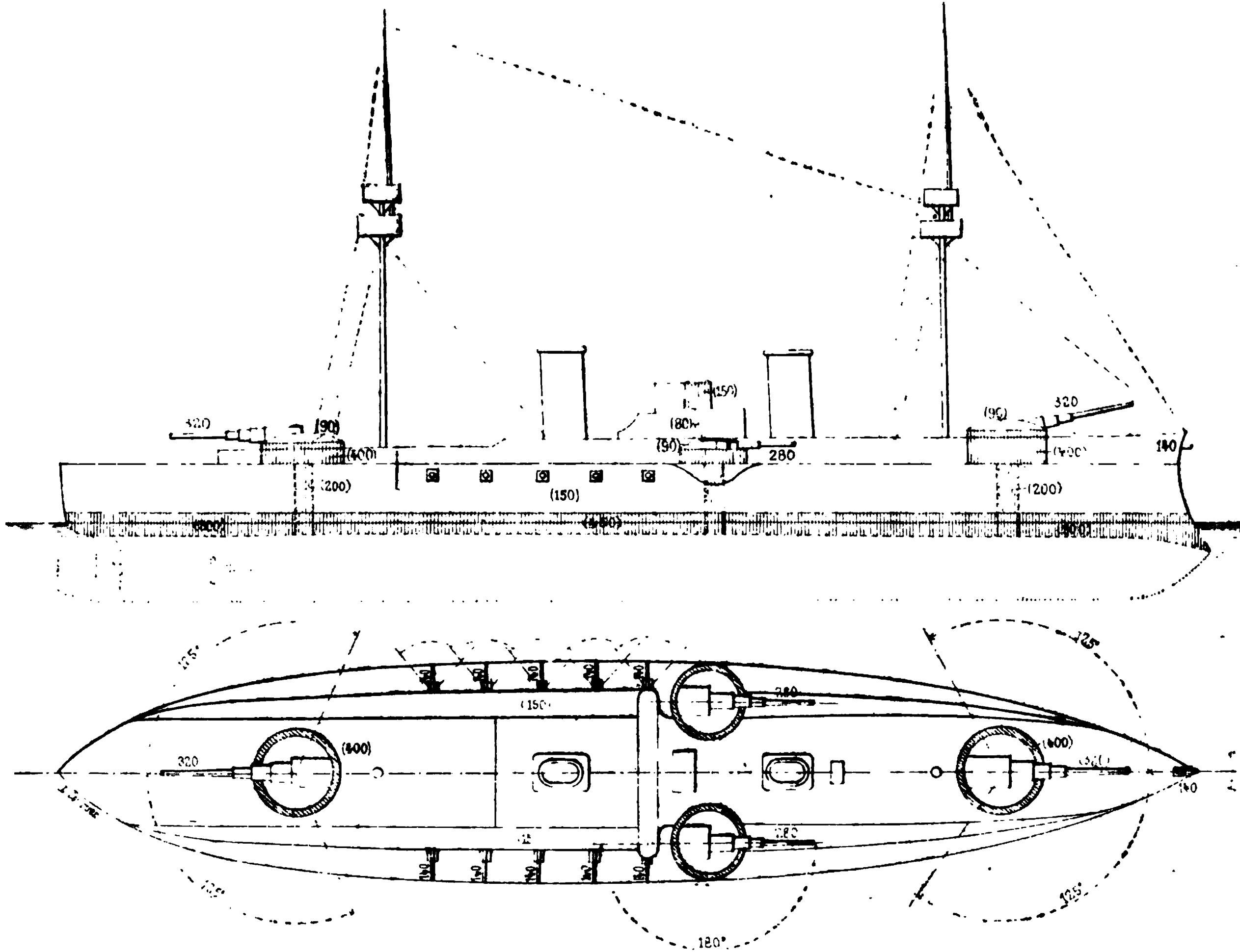
Pelayo.

Description générale. — Le *Pelayo*, construit à la Seyne sur les plans de M. Lagane, a été lancé en 1888 et refondu partiellement à la Seyne en 1897-98. C'est un beau navire d'aspect très marin à œuvres-mortes légèrement rentrantes avec un avant et un arrière presque droits. Sur toute la longueur du bâtiment, deux entreponts s'élèvent au-dessus du pont blindé. Au centre du navire, une légère superstructure est reliée à l'avant par une longue teugue. Deux cheminées sont à l'avant et à l'arrière du maître bau. Deux mâts ordinaires portant chacun une double hune s'élèvent entre les cheminées et les extrémités du bâtiment. L'artillerie principale est placée dans quatre tourelles principales disposées en losange. Le *Pelayo* est un *Marceau* réussi; il montre ce que peuvent faire les ingénieurs français lorsqu'on leur accorde la liberté des conceptions et la responsabilité de l'exécution. Pourtant la réserve de stabilité cuirassée est faible.

Dimensions :

Longueur.	105,60 *m*
Largeur.	20,20 —
Creux sous sabords	12,45 —
Profondeur de carène au maître-couple.	7,35 —
Tirant d'au arrière.	7,55 —
Déplacement	9 950 *tx*

Coque. — La coque est en acier, construite d'après les règlements français. Les lignes du navire sont relativement fines et les vagues formées sont peu considérables, même à grande


320
(90)
(400)
(200)
(150)
280
(90)
(80)
(150)
320
(90)
(400)
(200)
140
(400)
320
(150)
280
(400)
180°

Pelayo.

vitesse. Double fond de 90 *cm* de hauteur sur presque toute la longueur du navire, divisé en 98 compartiments. Au-dessus du double-fond jusqu'au pont blindé, des cloisons transversales forment 16 grands compartiments que vient encore diviser en deux la cloison longitudinale centrale. Le nombre total de compartiments étanches est de 145. Au-dessus du pont blindé, il y a deux entreponts très spacieux sur toute la longueur du navire; par dessus, une longue teugue règne sur une partie considérable de la longueur du bâtiment.

Protection. — La protection est formée par une ceinture régnant de bout en bout; cette ceinture est constituée par une seule rangée de plaques d'une hauteur uniforme de 2,10 *m*, dont l'épaisseur est de 450 *mm* au centre et de 300 *mm* aux extrémités. Sur le can supérieur de la cuirasse repose un pont blindé d'une épaisseur de 90 *mm*. Les ouvertures dans le pont cuirassé sont protégées par des surbaus dont le blindage a 300 *mm* d'épaisseur et monte à une hauteur de 1 *m*.

Les tourelles-barbettes contenant la grosse artillerie ont des cuirasses de 400 *mm* reposant sur des tubes supports cuirassés à 200 *mm*; les masques tournants sont blindés à 90 *mm*; le réduit projeté pour les pièces à tir rapide serait protégé à 60 *mm*.

Le blockhaus du commandant est cuirassé à 150 *mm* et repose sur un tube cuirassé à 80 *mm*.

Machines et chaudières. — Les deux machines principales, d'une puissance totale de 8 000 *ch*, actionnant chacune une hélice en bronze, constituent deux groupes séparés par la cloison centrale longitudinale. Chaque groupe est composé de deux machines compound à pilon avec chacune un grand cylindre, un petit cylindre et un condenseur. Ainsi l'ensemble de l'appareil moteur comprend 4 grands cylindres, 4 petits et 4 condenseurs. Quatre machines auxiliaires à pilon actionnent les pompes des condenseurs.

Il y a en outre des machines auxiliaires pour virer à froid, pour la ventilation, pour gouverner, etc.

Il faut mentionner 2 pompes rotatives pouvant débiter chacune 500 *t* à l'heure; par l'intermédiaire d'un collecteur de 0,30 *m* de diamètre, régnant de l'avant à l'arrière sur toute la longueur du bâtiment, elles constituent un moyen d'épuisement considérable.

Il y a quatre chambres de chauffe distinctes; lors de l'achè-

vement, chacune de ces chambres de chauffe contenait trois chaudières à retour de flammes ordinaires; aujourd'hui, chacune des chambres contient quatre générateurs aquitubulaires Niclausse. Chaque générateur est composé de 15 collecteurs où débouchent 270 tubes. L'ensemble de l'installation comporte 4 320 tubes. Les surfaces de chauffe et de grilles sont respectivement de 2 615 m^2 et 79 m^2; elles sont donc dans le rapport de 32. La surface horizontale occupée par l'installation est de 113 m^2; le poids total des générateurs y compris tous les accessoires et 55 *t* d'eau est de 350 *t*.

Avec les anciennes chaudières timbrées à 5,75 *kg* on avait obtenu 16,215 nœuds au tirage naturel en développant 8 000 *ch*; à un tirage forcé modéré (25 à 30 *mm* d'eau) on a eu 16,7 nœuds. Avec les chaudières Niclausse, on a obtenu sensiblement les mêmes résultats au tirage naturel, mais il convient de dire que ces essais paraissent avoir été faits avec un équipage moins exercé et avec des générateurs dont le poids est sensiblement inférieur à celui des anciens. En outre, avec les anciennes machines, on ne peut utiliser la très haute pression que permettent les appareils aquitubulaires.

Les soutes sont en abord de manière à augmenter la protection des machines.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement normal est de 800 *t* de charbon, ce qui permet de franchir environ 4 500 milles à 12 nœuds, et 6 000 milles à 10 nœuds. Il peut être porté à 1 000 *t*.

Armement. — L'armement comprend :

2 canons de 320 *mm* Hontoria;
2 — 280 — —

Les 12 canons de 120 *mm* non protégés qui constituaient au début l'artillerie moyenne du *Pelayo*, ont dû être remplacés, lors des transformations importantes que ce navire vient de subir à la Seyne, par 11 pièces Canet-Schneider, de 140 *mm* à tir rapide. Enfin une vingtaine de pièces de petit calibre à tir rapide, et 7 tubes lance-torpilles Schwarzkopf disposés dans le premier faux-pont complètent l'armement.

Les deux pièces de 320 *mm* sont placées dans l'axe longitudinal du navire, l'une sur la teugue avec un commandement de

9,30 *m* et un angle total de tir ininterrompu de 250°; l'autre est en arrière avec un commandement de 7,70 *m* et un angle ininterrompu de 220°. Les deux 280 *mm* sont au centre du navire en encorbellement avec un commandement de 7,70 *m* et un angle de tir de 180°. Ces quatre grosses pièces sont pourvues de boucliers tournants de protection contre la petite artillerie.

Dix des pièces de 140 *mm* à tir rapide sont enfermées dans un réduit au centre du navire et tirent sur les côtés; la onzième est en chasse à l'avant sur la teugue.

La petite artillerie à tir rapide est disposée sur les passerelles et dans les quatre hunes des deux mâts.

Le *Pelayo* dispose ainsi des pièces suivantes :

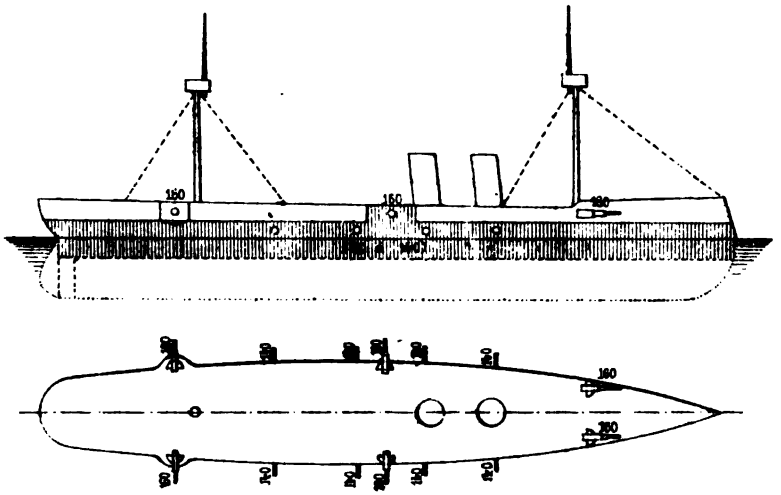
En chasse directe :	1 de 320 *mm*
—	2 de 280 —
—	1 de 140 —
En retraite directe :	1 de 320 —
—	2 de 280 —
Par le travers :	2 de 320 —
—	1 de 280 —
—	5 de 140 —

Équipage. — L'équipage est de 600 hommes.

Navires de combat en haute mer à faible vitesse et armement léger.

Vitoria et Numancia.

Description générale. — Le *Vitoria*, lancé en 1865 aux Thames Iron Works et refondu à la Seyne en 1897-98, est un beau navire de lignes très simples et d'aspect très marin, bien défendu contre la mer. Au-dessus du niveau de la flottaison s'élèvent deux entreponts dont l'inférieur est cuirassé. L'avant est à trois étraves presque droites légèrement renversées avec un gaillard d'avant. La mâture actuelle comprend deux mâts seulement : un à l'avant et un à l'arrière. Deux cheminées assez rapprochées sont à l'avant du milieu du bâtiment.



Vitoria.

Dimensions :

Longueur	96,47 *m*
Largeur	17,34 *m*
Tirant d'eau moyen	7,60 *m*
— arrière	8,60 *m*
Déplacement	7 250 *tx*

Coque. — La coque est en fer.

Protection. — Cuirasse en fer de 140 *mm* à 110 *mm* d'épaisseur protégeant toute la partie haute du navire jusqu'au pont supérieur.

Machines et chaudières. — Une hélice ;
Machine à basse pression système Penn, 4 000 *ch* ;
8 chaudières type Amirauté.

Vitesse. — La vitesse est de 11 nœuds.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement normal de charbon doit être de 800 *t.*

Armement. — 6 canons de 160 *mm* Hontoria dont 2 en chasse dans des sabords à l'avant ; 2 dans le réduit cuirassé du pont (1 de chaque bord) ; 2 en retraite dans des encorbellements ;
8 canons de 140 *mm* à tir rapide, système Schneider-Canet dans la batterie (4 de chaque bord) ;

6 canons de 57 *mm*, à tir rapide, système Nordenfeld, sur la dunette, le gaillard et la passerelle ;

6 canons de 37 *mm* à tir rapide et automatique, système Maxim : 2 dans la hune de misaine, 2 dans la hune de grand mât et 2 en réserve pouvant être placés sur le pont ou dans les embarcations ;

2 tubes lance-torpilles.

Pour assurer le service des munitions, on a installé des conduits en tôle dans lesquels circulent des monte-charges actionnés par 12 treuils servo-moteurs : 4 pour les pièces de 160 *mm*, 4 pour celles de 140 *mm*, 2 pour celles de 57 *mm* et 2 pour les 37 *mm*.

Deux groupes de dynamos de 350 ampères et 80 volts assurent l'éclairage et le service des projecteurs.

Équipage. — L'équipage est de 550 à 600 hommes.

Croiseurs.

Alfonso XIII et Lepanto.

Description générale. — L'*Alfonso XIII*, lancé en 1891 au Ferrol, et le *Lepanto*, lancé en 1892 à Carthagène, sont des bâtiments du type de l'ancienne *Reina-Regente* qui a disparu en mer, le 10 mars 1895, dans le détroit de Gibraltar.

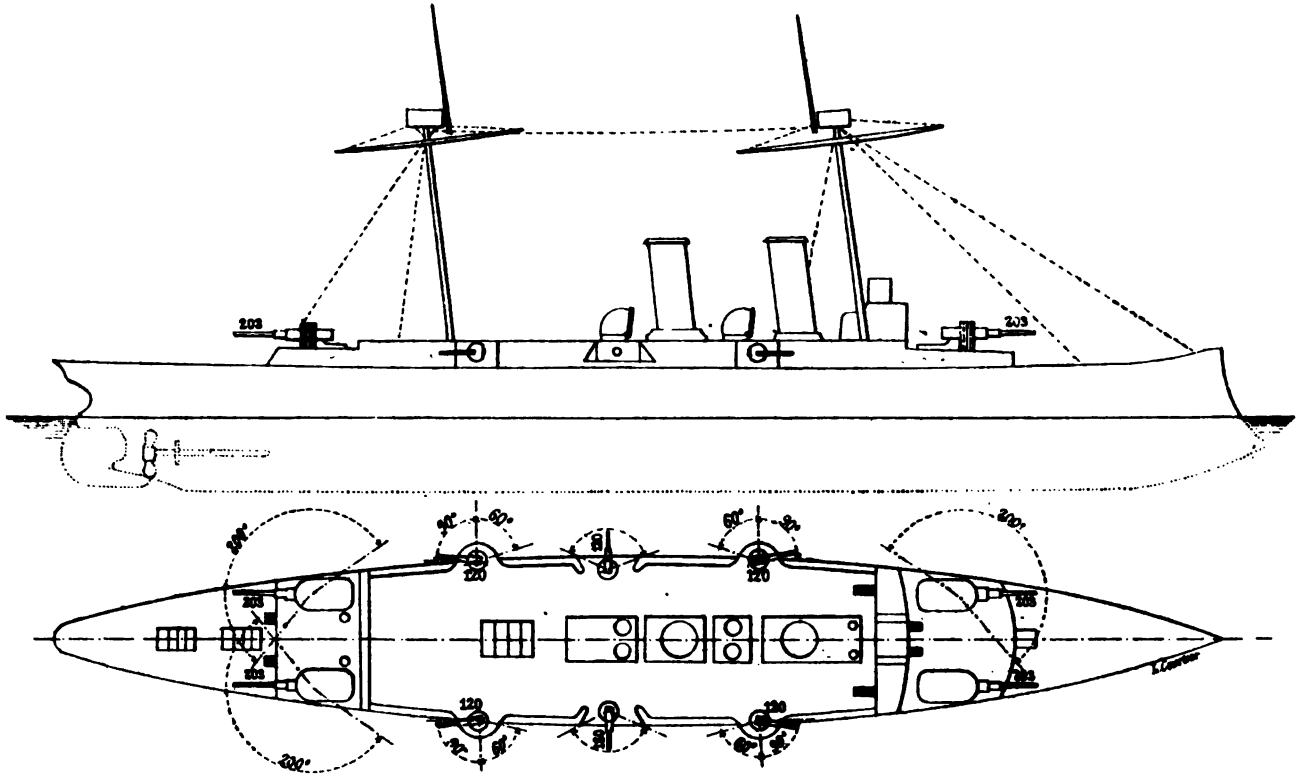
Dimensions. — Ce sont des bâtiments en acier mesurant 98 *m* de long, 15 *m* de large, avec 6,10 *m* de tirant d'eau, le déplacement correspondant étant de 4 800 *tx*.

Coque. — Comme sur la *Reina-Regente*, deux entreponts sont au-dessus du pont blindé. Au centre du bâtiment règne une légère superstructure comme celles des bâtiments du type *Viscaya* et *Emperador-Carlos V*.

Protection. — Ces bâtiments sont protégés par un pont en dos d'âne d'une épaisseur maxima d'une dizaine de centimètres.

Machines et chaudières. — Deux machines verticales, développant chacune 5 500 *ch* et actionnant chacune une hélice, impriment à ces bâtiments une vitesse maxima de 20 nœuds.

Au tirage naturel, on compte sur environ 7 000 *ch* et 18 nœuds.



Alfonso XIII.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement total de charbon est d'environ 1100 *t*, mais il est probable qu'il y a alors une surcharge d'environ 500 *t*.

Armement. — L'armement est disposé de la même façon que sur l'ancienne *Reina-Regente*, mais les pièces de 240 *mm* avant et arrière sont remplacées par des pièces de 203 *mm*. Ces navires ont donc :

A l'avant, 2 canons de 203 *mm* non accouplés, montés à côté l'un de l'autre, l'un à droite, l'autre à gauche de l'axe longitudinal du bâtiment.

Ces canons tirent par-dessus l'avant avec un champ de tir d'environ 200°. Ils sont donc disponibles tous deux en chasse directe et sur les joues; mais un seul tire par le travers.

A l'arrière, 2 canons de 203 *mm* semblablement disposés.

Au centre, 6 canons de 120 *mm* tirant à travers des ouvertures pratiquées dans la superstructure : deux en chasse directe et par le travers, deux en retraite directe et par le travers et les deux derniers par le travers seulement.

Ces bâtiments disposent donc ainsi :

En chasse directe et en retraite directe :

2 canons de 203 *mm* et 2 canons de 120 *mm*.

Et par le travers :

2 canons de 203 *mm* et 3 canons de 120 *mm*.

Ils ont, en outre, 6 canons de 57 *mm* à tir rapide et 6 de 37 *mm* à tir rapide également (1).

L'armement est complété par 5 tubes lance-torpilles.

Équipage. — L'équipage est de 400 hommes.

Bâtiments-torpilleurs et Torpilleurs.

Description générale. — En dehors de ses grands bâtiments, l'Espagne a des torpilleurs et des bâtiments rapides que l'on nomme généralement contre-torpilleurs, cannonières-torpilleurs ou destructeurs de torpilleurs.

En réalité, ces dernières dénominations n'ont pas grande signification : il ne faut pas oublier qu'en définitive tout bâtiment portant des torpilles peut à un moment donné jouer le rôle de

(1) La petite artillerie à tir rapide a dû être modifiée.

torpilleur, et que tout bâtiment portant de l'artillerie peut être considéré comme destructeur des bâtiments moins armés que lui.

On sait que la torpille Whitehead a son immersion réglée à environ 3 *m*; il en résulte que tout bâtiment calant moins de 3 *m* n'a, en théorie, rien à craindre d'une torpille bien réglée. C'est une des raisons qui, sans compter le prix relativement minime des bâtiments de faibles dimensions, font que l'on regarde généralement comme bâtiments torpilleurs ceux que leur tirant d'eau inférieur à 3 *m* met à l'abri des torpilles de l'adversaire.

Mais, répétons-le, ceci n'a rien d'absolu. D'un autre côté, il n'y a aucune raison pour qu'un torpilleur soit forcément à la merci d'un destructeur. Dans un combat entre ces deux espèces de bâtiments, c'est uniquement la petite artillerie à tir rapide qui décide du résultat; or, *a priori*, le torpilleur n'est pas nécessairement le plus faible; il l'est généralement parce que l'on n'a pas voulu jusqu'à présent consentir soit à l'augmentation de déplacement, soit à la réduction de vitesse qui permettraient de développer suffisamment la petite artillerie du torpilleur. On peut donc dire qu'aujourd'hui les destructeurs ne sont autre chose que des torpilleurs auxquels on a pu, grâce à un déplacement triple ou quadruple de celui des torpilleurs ordinaires, donner des qualités nautiques supérieures, une vitesse plus grande — surtout par mauvais temps — et une artillerie plus puissante.

Les destructeurs ne sont en réalité que de grands torpilleurs d'escadre pouvant détruire — à moins d'une grande disproportion numérique — les torpilleurs ordinaires.

Nous prenons donc ici encore le déplacement comme base des groupes des bâtiments torpilleurs, puisque pour ces derniers, comme pour les grands navires, le déplacement représente toujours — sans même parler de la valeur nautique — des qualités militaires ou des qualités mécaniques.

Les torpilleurs de plus fort tonnage de la flotte espagnole sont du type *Temerario* ou du type *Philippinas* (*Temerario* agrandi et amélioré). Ils ont été évidemment inspirés par les bâtiments anglais du genre *Speedy* que l'on s'accorde généralement à trouver tout à fait manqués : la vitesse maximum de 20 nœuds aux essais est certainement insuffisante pour torpiller les grands bâtiments et pour chasser les torpilleurs avec chance de succès si ce n'est par mauvais temps; l'artillerie, trop légère pour avoir

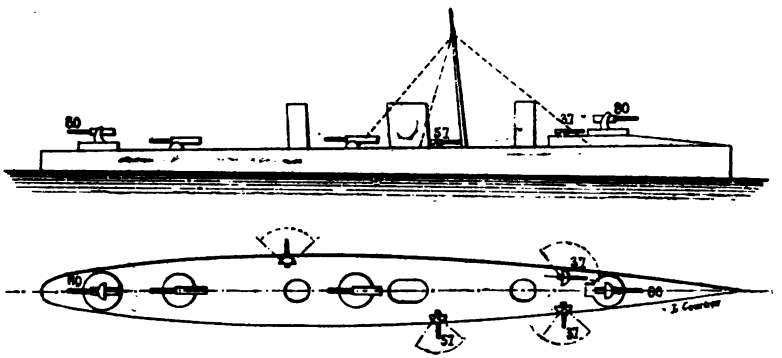
une action sérieuse sur un grand bâtiment, comprend des pièces d'une puissance exagérée pour détruire des torpilleurs ; leur dimension relativement considérable et le manque complet de protection, en font des proies faciles pour l'artillerie à tir rapide des navires de combat; leur tirant d'eau ne les met pas à l'abri des torpilles.

Tout autres sont les navires du type *Terror* et *Audaz*, qui reproduisent les caractéristiques bien connues des destroyers anglais : comme eux, ils ont une grande vitesse qui les rend à la fois redoutables aux grands bâtiments qu'ils doivent attaquer à coups de torpilles, et aux torpilleurs qu'ils doivent détruire à coups de canon; leur artillerie est bien assez puissante pour leur donner une grande supériorité sur les torpilleurs actuels à moins que ces derniers ne se trouvent réunis en nombre beaucoup plus considérable; leur tirant d'eau les met à l'abri de la torpille.

Nous nous bornons donc à donner une description sommaire du type *Furor* et *Terror*.

Ces bâtiments ont la longue teugue et le petit mât de signaux des destroyers anglais. Ils ont trois cheminées de même hauteur; celle de l'avant et celle de l'arrière sont pareilles; celle du milieu est environ le double des deux autres.

Construits tous deux à Clydebank par la maison James et G. Thomson, ces bâtiments ont été lancés en 1896.



Terror.

Dimensions. — Leurs dimensions principales sont :

Longueur.	67	*m*
Largeur.	6,71	*m*
Tirant d'eau moyen	1,67	(?)
Déplacement correspondant. .	380	*tx*

Coque. — La coque est en acier. Elle est divisée en treize compartiments étanches par des cloisons transversales seulement.

Les quatre premiers compartiments sont le compartiment d'abordage, le coqueron, le poste de l'équipage et le poste des chauffeurs. Puis viennent les deux chaufferies contenant chacune deux chaudières aquitubulaires du genre Normand. Ensuite, un autre compartiment contient les deux machines à triple expansion et à quatre cylindres.

A l'arrière se trouvent les six compartiments suivants : cuisine et dynamo ; carré de la maistrance ; les cabines du commandant; les cabines du second et du mécanicien-chef ; le carré, l'office et une salle de bain ; le coqueron arrière.

Protection. — La protection est uniquement assurée par le charbon des soutes disposées surtout en abord au milieu.

Machines et chaudières. — Les machines sont extrêmement légères comme sur tous les bâtiments similaires ; ce sont des appareils qui, pour être tenus en bon état exigent des soins minutieux et constants donnés par un personnel très exercé et très instruit.

Pour ne pas allonger outre mesure la description, nous ne donnerons pas les détails des machines.

Quant aux chaudières aquitubulaires, elles sont susceptibles de développer une énorme puissance spécifique ; elles peuvent même donner un bon service courant, mais à condition d'être elles aussi parfaitement entretenues.

La question du dégraissage de l'eau d'alimentation est capitale.

L'approvisionnement de charbon est de 75 *t*, mais il paraît pouvoir être porté à une centaine de tonnes environ.

Armement. — L'armement du système Maxim-Nordenfeld comprend :

Deux canons à tir rapide de 80 *mm*, l'un à l'avant, au-dessus du blockhaus ; l'autre à l'arrière sur une plate-forme ;

Deux canons de 37 *mm* automatiques Maxim en arrière du blockhaus sur les joues du navire ;

Deux canons de 57 *mm* à tir rapide en abord et en quinconce droite-avant et gauche-arrière ;

Deux tubes lance-torpilles de 350 *mm* Schwartzkopf dans l'axe, l'un au-dessus du compartiment arrière des chaufferie ; l'autre à l'arrière du compartiment des machines.

Ces petits batiments paraissent tenir relativement bien la mer. Pour rendre possible la vie de l'équipage dans les régions tropicales, desventilateurs électriques sont disposés dans les logements, le pont métallique a été doublé en teck et une double tente retombant assez bas de chaque côté peut être installée de l'avant à l'arrière.

Equipage.—L'équipage comprend cinquante à soixante hommes.

BATIMENTS AMÉRICAINS

Navire de combat en haute mer à grande vitesse et armement léger.

New-York.

Description générale. — Le *New-York* autorisé par un acte du congrès du 7 septembre 1888, a été lancé chez Cramp à Philadelphie en 1891. Il a fait ses essais de vitesse en mai 1893 et a pu entrer en service au mois d'août de la même année.

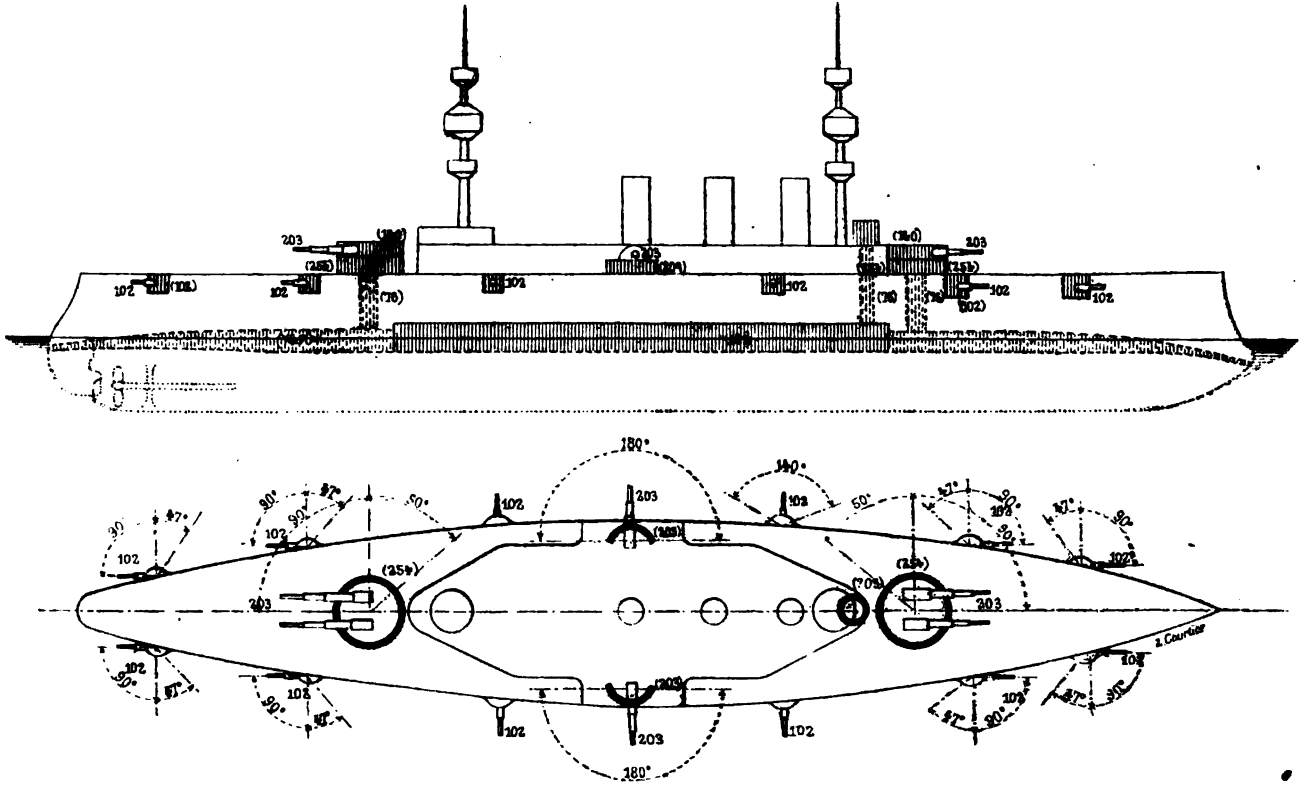
C'est un grand et beau navire de lignes très simples avec deux mâts à triple hune et trois hautes cheminées. La partie centrale est occupée par une superstructure.

Au-dessus de la tranche cellulaire, il y a deux entreponts complets de logement, La hauteur de franc-bord est de 7 *m*, à l'avant, 6 *m* au milieu et 5,50 *m* à l'arrière.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur	115,98 *m*
Largeur	19,76 *m*
Tirant d'eau moyen	7,10 *m*
— arrière	7,25 *m*
Déplacement correspondant prévu	8 281 *t*
Hauteur métacentrique prévu	1,299 *m*
Charbon en charge normale	762 *t*

La contenance totale des soutes est de 1 280 *t* et l'on peut même, paraît-il, prendre jusqu'à 1 800 *t* de charbon.



New-York

Le devis sommaire était :

Coque et accessoires		3 163 *t*
Ceinture	230 *t*	1 618 *t*
Pont, tourelles, encorbellements, blockhaus	1 388 *t*	
Cellulose		132 *t*
Artillerie		439 *t*
Appareils moteurs		1 601 *t*
Charbon		762 *t*
Complément de l'excédent de charge		448 *t*
Disponible		118 *t*
TOTAL		8 281 *t*

Il paraît y avoir une surcharge d'environ 250 *t*.

Coque. — La coque, en acier, à double fond, est extrêmement divisée; elle contient 180 compartiments étanches.

Protection. — Un pont cuirassé en forme de trapèze s'étend de bout en bout. Au milieu, il part à 305 *mm* au-dessus et rejoint la coque à 1,371 *m* au-dessous. Ce pont a une épaisseur générale de 38,1 *mm* × 2 soit 76,2 *mm*. Un renfort de 76,2 *mm* porte l'épaisseur à 152,4 *mm* sur les parties inclinées. D'après certaines descriptions, l'épaisseur diminuerait à 62 *mm* aux extrémités.

Au milieu du bâtiment, sur une longueur de 59 *m*, un blindage de 101 *mm* d'épaisseur recouvre sensiblement toute la tranche cellulaire. Il n'y a pas de traverses blindées aux extrémités de cettecuirasse latérale.

Les tourelles, avant et arrière, ont 254 *mm* aux barbettes et 140 *mm* (178 suivant certaines descriptions) à la carapace. Les tubes-supports auraient 76 *mm*. Les boucliers des pièces latérales auraient 203 *mm*.

Le blockhaus varierait de 203 à 127 *mm*, le tube-support aurait 76 mm.

Les encorbellements pour pièces de 102 *mm* à tir rapide ont 102 *mm* d'épaisseur.

Machines et chaudières. — Quatre machines verticales à trois cylindres et à triple expansion agissent sur deux arbres portant chacun une hélice. Elles sont placées en quatre compartiments séparés, deux de chaque bord.

Pour chaque machine, les cylindres ont une course de 1,067 *m*,

les diamètres respectifs sont 0,813 *m* pour le haut-pression, 1,194 *m* pour l'intermédiaire et 1,829 *m* pour le bas-pression; la longueur des bielles est de 2,133 *m*.

Il y a sur chaque machine cinq tiroirs cylindriques; sur le cylindre haut-pression il y a un tiroir de 0,406 m de diamètre; sur le cylindre moyen-pression, deux tiroirs de 0,416 *m* de diamètre; sur le cylindre bas-pression, deux tiroirs de 0,785 *m* de diamètre maximum.

Toutes les chaudières sont du type écossais et timbrées à 11,25 *kg;* six grandes à huit foyers sont placées dans trois compartiments étanches séparés, occupant chacun toute la largeur du bâtiment et correspondant aux trois cheminées. Chacune de ces chaudières a 4,80 *m* de diamètre et 5,49 *m* de long. Elles ont ensemble une surface de grille de 91,78 m^2, une surface de chauffe totale de 2 880,50 m^2 et un poids total de 695 *t* avec leur eau.

Les deux chaudières auxiliaires ont ensemble 3,94 m^2 de surface de grilles, 181,80 m^2 de surface de chauffe et 49,33 *t* de poids total avec leur eau.

Quatre condenseurs composés chacun de trois sections contiennent chacun 3 776 tubes et ont ensemble une surface totale refroidissante de 2 066,096 m^2.

Les appareils mécaniques du *New-York* comportent en tout 88 machines séparées, ayant 162 cylindres à vapeur.

Aux essais, avec 12,35 *kg* de pression absolue aux chaudières, 51 *mm* d'eau d'eau de pression d'air dans les grandes chaufferies, 17,8 *mm* d'eau dans les chaufferies auxiliaires on a obtenu 17 551,01 *ch* de force totale, alors qu'on en prévoyait 16 000 seulement. Sur ce chiffre, les quatre machines principales sont comptées pour 17 182,95 *ch*, les quatre pompes à air pour 39,27 *ch*, les quatre pompes de circulation pour 40,02 *ch*, les ventilateurs pour 239,42 *ch*, les pompes alimentaires pour 50,21 *ch* et les pompes de condenseurs pour 3,14 *ch*.

Le nombre de tours était de 135 et la vitesse moyenne des pistons 4,86 *m*. La vitesse s'est élevée à 21 nœuds, soit un nœud de plus que les prévisions.

Armement. — L'armement comprend :

6 pièces de 203 *mm*, ayant un commandement de 7,50 *m* environ au-dessus de l'eau : deux accouplées dans la tourelle avant avec 280° de champ de tir; deux accouplées à l'arrière

avec 280° de champ de tir; une de chaque côté avec 180° de champ de tir.

12 pièces de 102 *mm* à tir rapide, placées dans des encorbellements, avec pare-éclats dans l'entrepont supérieur, avec environ 4,70 *m* de commandement. Quatre tirent en chasse directe et par le travers avec un angle de tir que nous croyons être de 137°, quatre en retraite directe et par le travers avec un champ de tir de 137°, quatre par le travers avec un champ de tir de 140°.

8 pièces de 57 *mm*

4 pièces de 37 *mm* à tir rapide.

4 mitrailleuses.

Le batiment peut tirer ainsi, en chasse directe et en retraite directe, 4 pièces de 203 *mm* et 4 de 102 *mm;* par le travers, 5 pièces de 203 *mm* et 6 de 102 *mm.*

Comme sur l'*Olympia*, il y a 6 tubes lance-torpilles : 2 mobiles de chaque bord, un fixe à l'avant et un fixe à l'arrière.

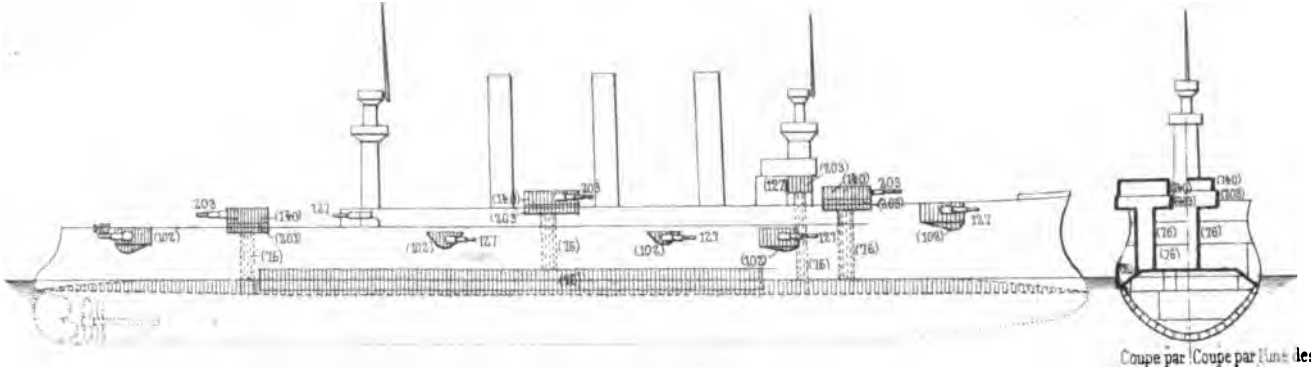
Équipage. — L'équipage s'élève à 522 hommes, officiers compris.

Brooklyn.

Description générale. — Le *Brooklyn* est un *New-York* considérablement agrandi et amélioré. Le rouf central du *New-York* est, sur le *Brooklyn*, prolongé jusqu'à l'étrave suivant une longue teugue. L'avant est renversé avec dévers dans le haut; l'arrière a des œuvres-mortes rentrantes. La tourelle avant est surélevée de la hauteur d'un entrepont. A la place des pièces de 203 *mm* latérales du *New-York*, il y a de chaque bord une tourelle pareille à celles des extrémités et contenant deux pièces de 203 *mm*. Le navire est d'aspect très puissant et très marin. Trois énormes cheminées dépassent sensiblement les deux mâts militaires, entre lesquels elles sont situées.

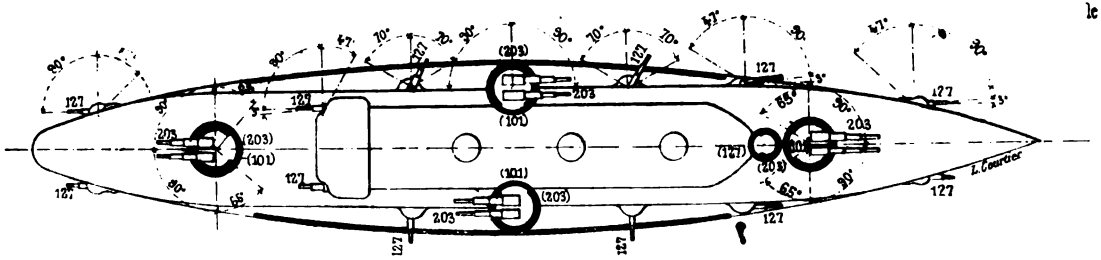
Dimensions. — Les dimensions et données principales sont :

Longueur à la flottaison (perpendiculaire américaine)	122,07 *m*
Largeur	19,56 *m*
Tirant d'eau moyen	7,31 *m*
— arrière	7,80 *m*
Déplacement correspondant	9 375 *tx*



Coupe par le Maître

Coupe par l'une des tourelles centrales



Brooklyn.

Le devis général des poids est ainsi établi :

Coque et accessoires	3750 *t*
Cuirasse	1800 *t*
Artillerie	558 *t*
Appareil moteur	1636 *t*
Charbon	914 *t*
Complément de l'exposant de charge	580 *t*
Disponible	137 *t*
TOTAL	9375 *t*

Coque. — La coque est en acier et à double fond. Le brion d'étrave est assez arrondi. La hauteur du franc-bord est de 9 *m* à l'avant et de 6,10 *m* à l'arrière. Au-dessous du pont blindé il y a de chaque bord deux cloisons longitudinales par le travers des machines et des chaufferies. Il y a également douze cloisons transversales.

La tranche cellulaire comprend vingt-sept cloisons transversales et huit cloisons longitudinales, constituant de chaque côté, en partant du centre, deux lignes de soutes, le corridor de réparations et le cofferdam. Il y a en tout 140 compartiments étanches dans la tranche cellulaire.

Le cofferdam occupe toute la hauteur de la tranche cellulaire; c'est-à-dire qu'il va du pont blindé jusqu'au pont immédiatement supérieur, occupant ainsi une hauteur de 3,123 *m* sur une épaisseur de 1,20 *m*.

La tranche cellulaire a au maître-bau environ 1,50 *m* de hauteur dans l'axe et 3,123 *m* en abord.

Le premier entrepont au-dessus de la tranche cellulaire possède 10 cloisons transversales.

Protection. — La tranche cellulaire est partiellement protégée au centre du bâtiment par deux bandes d'acier harveyé ayant 58,70 *m* de long, 2,16 *m* de haut et 76 *mm* d'épaisseur. Il n'y a pas de cloisons transversales pour relier entre elles les deux bandes cuirassées.

Le pont cuirassé, en forme de trapèze, s'étend de bout en bout. Au maître-bau il ne dépasse que très peu la ligne de flottaison et rejoint le bordé à 1,676 *m* au-dessous. Son épaisseur générale est de $38{,}1 \times 2 = 76{,}2$ *mm*. Par le travers des machines et des chaufferies, il porte des plaques de renfort de 76,2 *mm*

d'épaisseur. Autour du grand panneau des machines, l'épaisseur de ses renforts atteint 127 *mm*.

Les quatre grosses tourelles ont une épaisseur de 140 *mm* aux carapaces. Sur les barbettes, les plaques ont 203 *mm* sur 300° et 101 *mm* sur un secteur de 60° (à l'arrière de la tourelle avant, à l'avant de la tourelle arrière, à droite de la tourelle de gauche et à gauche de la tourelle de droite). D'après certaines descriptions, l'épaisseur maximum de la barbette ne règnerait que sur le secteur correspondant à l'angle de tir; c'est dire que la moitié seulement des tourelles de droite et de gauche aurait cette épaisseur maximum.

Quoi qu'il en soit, les pièces de 203 *mm* sont suffisamment garanties contre les coups directs; mais un obus éclatant contre le tube-support pourrait enfoncer le plancher et immobiliser les canons.

Les tubes-supports ont 76 *mm*. Les encorbellements ont 102 *mm* et 51 *mm*, suivant qu'ils sont pour les pièces de 127 ou de 57 *mm*. Les pare-éclats transversaux ont 30 *mm*.

Le blockhaus, situé dans le pied du mât militaire avant, a 203 *mm* à l'avant et 127 à l'arrière. Il repose sur un tube-support de 76 *mm*.

Voici le devis de poids de la cuirasse :

Pont blindé.	1 121,55 *t*
Ceinture cuirassée.	173,50 *t*
Quatre tourelles pour canons de 203 *mm*.	314,20 *t*
Encorbellements et traverses.	148,76 *t*
Blockhaus et tube des commandes . . .	42,43 *t*
Total.	1 800,04 *t*

Machines et Chaudières. — Les machines ont dû être établies exactement pareilles à celles du *New-York*. Nous ignorons si l'on a effectué des modifications en cours de construction. Comme sur le *New-York*, elles sont placées en quatre compartiments séparés, deux de chaque bord.

Le devis primitif semble également comporter le même appareil évaporatoire que le *New-York*.

D'après les descriptions les plus récentes, l'Amirauté américaine aurait décidé le remplacement de l'une des six grandes chaudières par deux chaudières plus petites, afin d'assurer, avec

une plus grande économie et une plus grande facilité, le service des appareils auxiliaires au mouillage.

Aux essais, en août 1896, le *Brooklyn* aurait maintenu, sur une base assez longue, une vitesse moyenne de 21,9 nœuds avec 138 révolutions. La force des machines serait de 18 769 *ch*, mais comme le bâtiment y avait un déplacement inférieur d'un millier de tonneaux à celui prévu par le plan, on ne peut pas compter sur une vitesse maximum supérieure à 21 nœuds.

Approvisionnement de charbon. — Les soutes peuvent contenir 1 676 *t* de charbon, ce qui permet au navire de franchir une distance de 6 216 milles.

Armement. — L'armement se compose de :

8 canons de 203 *mm* : 2 dans la tourelle avant, avec commandement de 10 *m* et un champ de tir de 310° ; 2 dans la tourelle arrière, avec le même champ de tir que pour la tourelle avant, et un commandement de 7,60 *m* ; 4 accouplés deux par deux de droite et de gauche dans les tourelles, au maître-bau, avec 180° de champ de tir et environ 8,20 *m* de commandement.

12 canons de 127 *mm* à tir rapide, dont 8 en encorbellements à la hauteur du second entrepont, avec un commandement de 4,50 *m* ; 2 sous la teugue, avec un commandement d'environ 7 *m* et 2 à l'arrière du rouf. Les deux pièces les plus à l'arrière dans le deuxième entrepont et les deux pièces de la dunette, tirent en retraite directe parallèlement à l'axe avec 137° de champ ; les deux pièces les plus avant du deuxième entrepont et les deux pièces de la teugue, tirent en chasse directe parallèlement à l'axe avec 137° de champ ; les quatre pièces milieu du deuxième entrepont, font feu par le travers avec 140° de champ.

12 canons de 57 *mm* à tir rapide ;
4 — 37 *mm*, —
et 2 mitrailleuses (?).

4 tubes lance-torpilles mobiles tirent sur les flancs. Les devis primitifs semblaient comprendre deux tubes fixes, un à l'avant, l'autre à l'arrière ; l'un des deux semble avoir été supprimé.

Sans compter les petits canons, le navire peut tirer :

En chasse directe et en retraite directe :
6 pièces de 203 *mm*,
et 4 — 127 *mm* ;

Par le travers :

6 pièces de 203 *mm*.
et 6 — 127 *mm*.

Équipage. — L'équipage est de 561 hommes.

Remarques. — Le *Brooklyn*, eu égard à son déplacement, est peut-être le plus réussi de tous les croiseurs actuellement à flot.

C'est un bâtiment logique et bien étudié.

Il a une artillerie extrêmement puissante, parfaitement disposée et mieux protégée qu'elle ne l'est généralement sur les bâtiments similaires.

Le *Powerful* et le *Terrible* sont probablement les seuls croiseurs actuels capables de faire battre en retraite le *Brooklyn* ; mais ils déplacent environ 5000 *tx* de plus. D'ailleurs, si leur vitesse supérieure d'un ou deux nœuds à celle du navire américain leur permettait facilement, surtout par mauvais temps, de pouvoir accepter ou refuser le combat à volonté, rien ne prouve que le *Powerful* poursuivant le *Brooklyn* ne serait pas forcé d'abandonner la partie. En effet, il ne dispose en chasse directe, que d'un 254 *mm* et de quatre 152 *mm* à tir rapide, et sur chaque joue, à quelques degrés de l'axe longitudinal, que de un 254 *mm* et de deux 152 *mm* à tir rapide.

Quant au *Brooklyn*, il peut tirer en retraite directe, six pièces de 203 *mm* et quatre de 127 *mm* à tir rapide ; et sur chacune de ses deux hanches, quatre pièces de 203 *mm* et deux de 127 *mm*.

Si, de plus, comme il faut le faire, on tient compte de ce que le navire américain a sa grosse artillerie mieux protégée que celle du navire anglais, on est forcé de lui reconnaître la supériorité militaire même en ne perdant pas de vue le fait que des canons accouplés comme ceux du *Brooklyn*, ont chacun une valeur militaire moindre que des pièces mises chacune dans un poste séparé comme sur le *Powerful*. On admet généralement un coefficient de réduction de 0,75 pour chaque pièce accouplée. Dans ces conditions, le nombre des pièces de 203 *mm* du *Brooklyn*, en retraite directe et sur les hanches, ne serait plus, respectivement, que de quatre et de trois. Le navire américain garderait donc encore la supériorité parce que, dans un combat de ce genre, forcément assez long, les 152 *mm* anglais, à tir rapide, n'auraient point en réalité les avantages que semblent indiquer les résultats du polygone.

Le reproche le plus sérieux que l'on puisse faire au *Brooklyn*,

c'est que les approvisionnements d'artillerie paraissent faibles, surtout si l'on convertissait les 203 *mm* actuels en pièces à tir rapide.

Navires de combat en haute mer à grande vitesse et armement léger,

Olympia.

Description générale.— Ce batiment construit par l'Union Iron-Work C° à San-Francisco, d'après l'acte du Congrès du 7 septembre 1888 a été lancé en 1892.

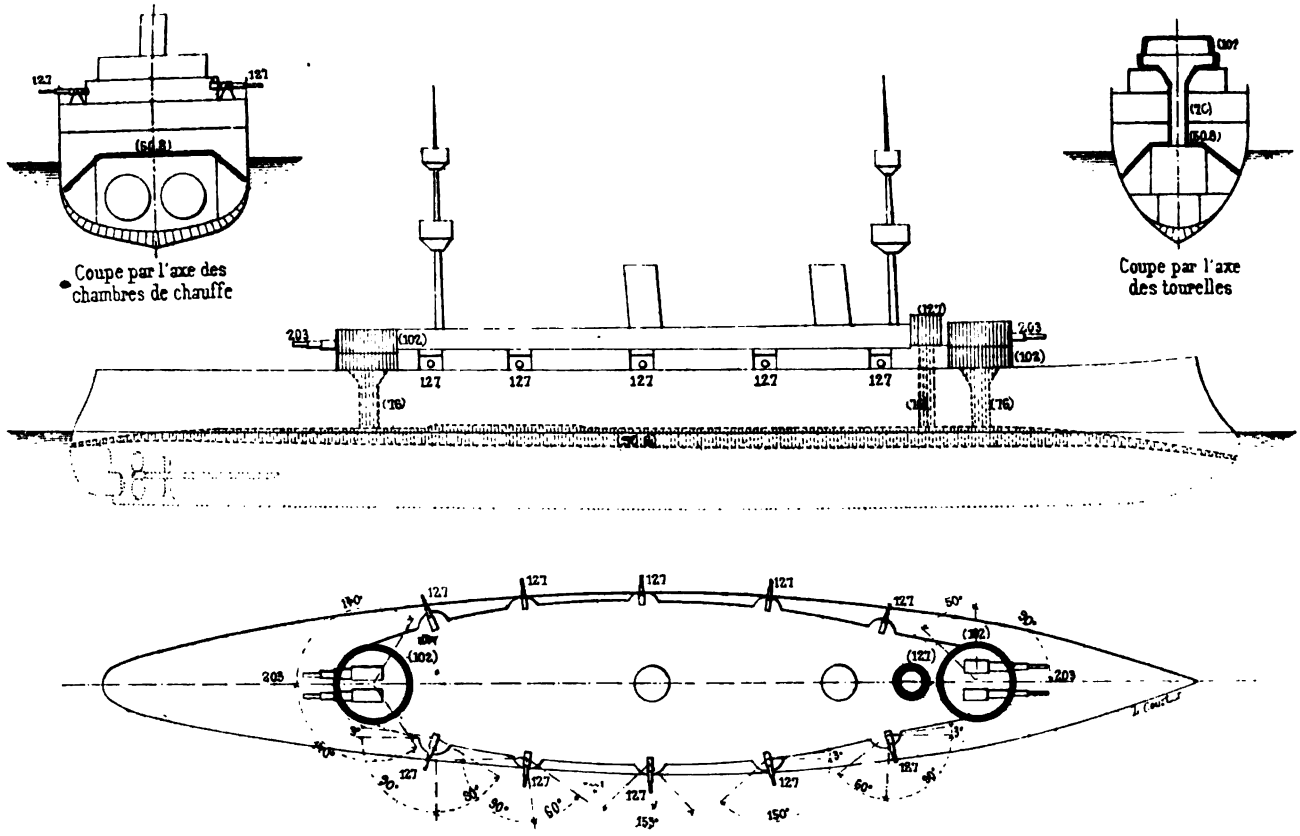
Les essais ont eu lieu en décembre 1893.

C'est un navire de formes élégantes et simples ; son étrave est légèrement renversée ; l'arrière présente également une certaine rentrée. Toute la partie centrale du bâtiment est surélevée par un grand rouf surmonté d'une superstructure. Il a deux mâts avec double hune et deux cheminées. Une voilure goélette permet d'appuyer le navire en cas de grosse mer. Au-dessus du pont blindé, un double entrepont règne de l'avant à l'arrière. Les hauteurs de franc-bord sont de 6,40 *m* à l'avant et de 5 *m* à l'arrière.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur	106,37 *m*
Largeur	16,15 *m*
Tirant d'eau moyen	6,55 *m*
— arrière	7,00 (?)
Déplacement correspondant.	5 558 *tx*
Charbon correspondant.	406 *t*
Hauteur métacentrique.	),636 *m*

Coque. — La coque est en acier, à double fond et possède un cloisonnement assez développé. Au-desssous du pont blindé, il y a douze cloisons étanches transversales et une cloison longitudinale de chaque bord. Dans la tranche cellulaire, se trouvent vingt cloisons transversales et trois cloisons longitudinales, afin de constituer successivement en partant de l'intérieur les soutes latérales, le corridor et enfin le cofferdam épais de 0,836 *m* et qui part du pont blindé pour monter à 1,219 *m* au-dessus de la


Coupe par l'axe des chambres de chauffe
Coupe par l'axe des tourelles

Olympia.

ligne de flottaison. La tranche cellulaire contient en tout 93 compartiments étanches.

La carène porte deux quilles à roulis sur environ la moitié de la longueur.

Protection. — Un pont blindé en forme de trapèze, s'étend de l'avant à l'arrière. Il se raccorde avec le bordé à 1,346 *m* au-dessous de l'eau et monte au maximum à 0,305 *m* au-dessus de la flottaison. Son épaisseur est partout de 25,4 *mm* × 2 soit 50,8 *mm*. Sur les parties inclinées aux extrémités, une troisième plaque porte l'épaisseur à 76,2 *mm*. Par le travers des machines l'épaisseur totale est de 120,6 *mm*.

Les panneaux des machines sont protégés par des glacis inclinés placés au-dessus de la partie horizontale du pont. Le blockhaus du commandant est protégé, croyons-nous, par des plaques de 127 *mm* et communique avec l'intérieur du bâtiment par un tube de 76 *mm* d'épaisseur.

Les deux grosses tourelles pour canons de 203 *mm* situées à l'avant et à l'arrière du rouf ont pour leurs barbettes des plaques de 102 *mm* d'épaisseur ; c'est également, paraît-il, l'épaisseur maximum de la carapace. Chacune d'elles a un tube-support, constitué par un cylindre surmonté d'un tronc de cône dont l'épaisseur est de 76 *mm*. Les masques des pièces de 127 *mm* ont une épaisseur maximum de 100 *mm* ; ceux des pièces de 57 *mm* ont 50 *mm* d'épaisseur maximum. Ni pour les pièces de 127 *mm* ni pour celles de 57 *mm* le blindage ne forme casemate.

Machines et chaudières. — Deux machines verticales à trois cylindres et à triple expansion sont chacune dans une chambre séparée ; elles actionnent chacune une hélice.

Les deux arbres de couche convergent fortement vers le centre du navire. Les plaques de fondation des deux machines sont reliées entre elles, disposition à laquelle les Américains pensent être redevables des faibles vibrations de l'*Olympia* Les machines ressemblent beaucoup à celles du *Columbia*. Les cylindres ont respectivement 1,067 *m*, 1,499 *m* et 2,337 *m* ; leur course est de 1,067 *m*. Le cylindre à haute pression porte un tiroir cylindrique de 0,457 *m* de diamètre ; le cylindre intermédiaire a deux tiroirs cylindriques de 0,584 ; le cylindre à basse pression, quatre tiroirs de 0,533 *m*. La longueur des bielles est de 2,134 *m*. Il y a quatre chaudières à double façade et deux à simple façade timbrées à 11,709 *kg*.

Elles sont placées dans quatre compartiments distincts que constituent une cloison longitudinale centrale et une cloison transversale.

Les premières ont chacune huit foyers avec lames d'eau centrales pour diviser la chambre de combustion. Elles ont 4,65 *m* de diamètre et 6,481 *m* de long. Les chaudières à simple façade ont le même diamètre et 3,341 *m* de long ; elles n'ont que quatre foyers. Tous les foyers ont uniformément 0,99 *m* de diamètre intérieur ; les ondulations des tôles sont alternées dans les foyers voisins. La surface totale de grilles est de 76,55 m^2 ; la surface de chauffe totale de 2 628,90 m^2. Sur l'*Olympia* comme sur la plupart des bâtiments américains qui lui ont succédé, on peut, à l'aide de leviers, imprimer aux grilles un mouvement d'oscillation très utile pour le nettoyage en marche.

Le poids total des machines, chaudières et appareils accessoires est de 1 234,51 *t*. Les deux condenseurs ont ensemble 1 764,17 m^2. Chaque condenseur a deux pompes ayant chacune un débit de 30,668 *t* à la minute. Toutes ces pompes peuvent servir à épuiser le bâtiment à l'aide d'une robinetterie spéciale et d'un système général de drains.

On comptait réaliser 13 500 *ch* avec 129 révolutions et atteindre une vitesse de 20 nœuds. Aux essais, avec une pression d'air de 60 *mm* d'eau, on a développé 17 083 *ch* sans compter 188,3 *ch* pour les pompes à air et de circulation et 281,4 *ch* pour les ventilateurs et appareils divers. Les machines faisaient 139 tours à la minute et les pistons près de 5 *m* à la seconde.

La vitesse obtenue était de 21,68 nœuds. Il est vrai que le tirant d'eau moyen n'était que de 6,319 *m* au lieu de 6,55 *m* et la surface immergée du maître-couple de 85,01 m^2 au lieu de 88,83 m^2. Dans ces conditions, il convient de réduire la vitesse à environ 21 nœuds.

Au tirage naturel, on peut compter sur une vitesse d'environ 18 nœuds.

Pendant ces essais on brûlait 224,82 *kg* de charbon par mètre carré de grille et par heure.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon en charge normale est de 406 *t*, mais les soutes peuvent contenir jusqu'à 1 320 *t*.

Le rayon d'action serait de 12 000 milles à 10 nœuds (?)

Armement. — L'armement comprend :

4 canons de 203 *mm* accouplés dans les grosses tourelles à l'avant et à l'arrière du rouf central et ayant un commandement d'environ 8,50 *m* et un champ de tir de 280° ;

10 pièces à tir rapide de 127 *mm* dans de petits encorbellements placés de chaque côté du rouf. Quatre tirent en chasse directe et par le travers avec un angle de tir d'environ 153° dont 3° en dedans de l'axe. Quatre tirent en retraite dans les mêmes conditions. Deux tirent par le travers avec un angle d'environ 153°.

14 pièces à tir rapide de 57 *mm* dont dix dans l'entrepont supérieur et quatre aux angles de la superstructure du rouf ;

6 canons à tir rapide de 37 *mm* ;

4 mitrailleuses ;

6 tubes lance-torpilles, 4 mobiles par le travers, 1 fixe à l'arrière et 1 fixe à l'avant ; ce dernier a été, croyons-nous supprimé.

L'*Olympia* peut ainsi tirer, sans compter la petite artillerie : en chasse directe : 2 de 203 *mm*, 4 de 127 *mm* ;

En retraite directe : 2 de 203 *mm*, 4 de 127 *mm* ;

Par le travers : 4 de 203 *mm*, 5 de 127 *mm*.

Équipage. — L'équipage est de 460 hommes.

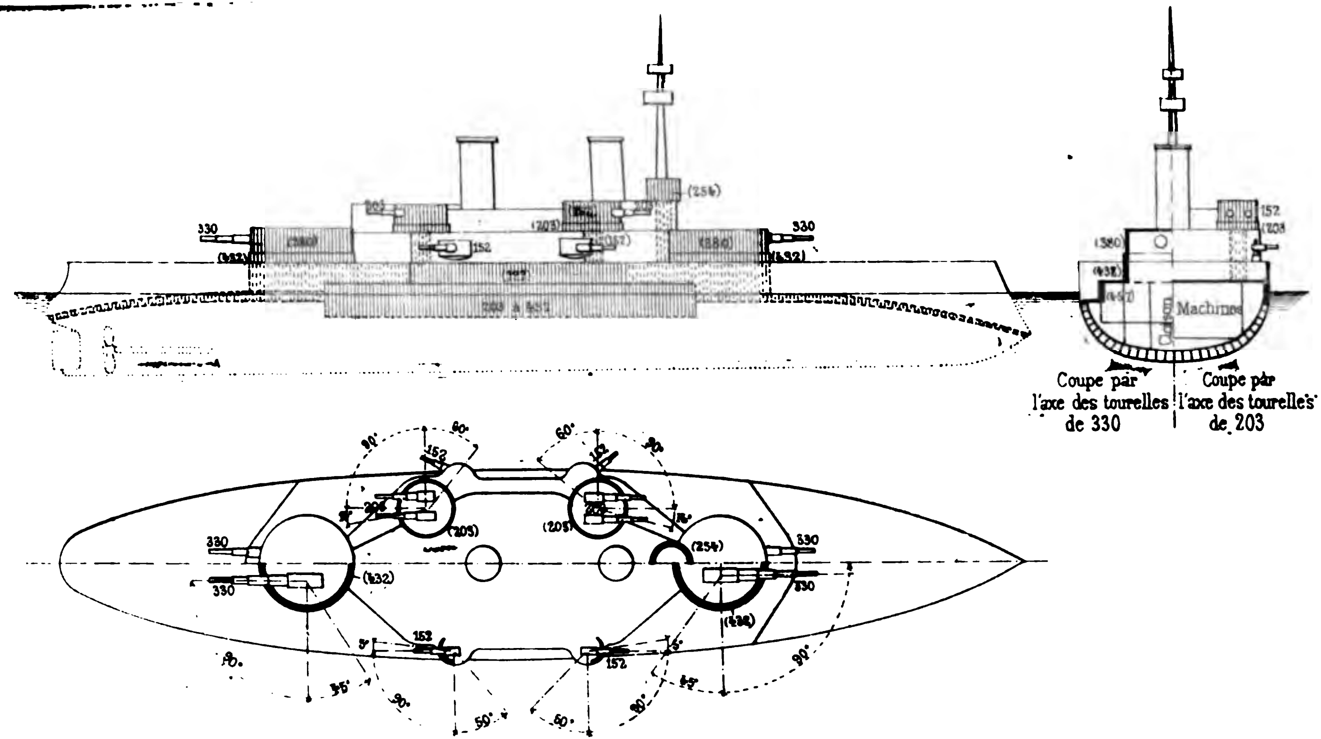
Navires de combat en haute mer à moyenne vitesse et armement puissant.

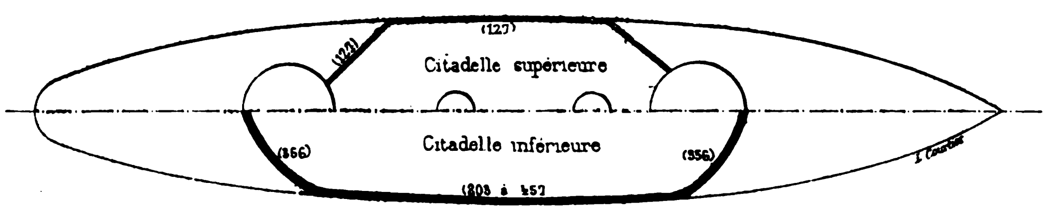
Indiana, Massachusetts et Orégon.

Description générale. — Ces trois bâtiments similaires ont été lancés en 1893. L'*Indiana* et le *Massachusetts* ont été construits chez Cramp, à Philadelphie, l'*Orégon*, à San-Francisco.

Ces bâtiments appelés par les Américains « coast-line battle ships », ce qui signifie navires de ligne destinés à combattre près des côtes sont bien réellement des garde-côtes. Leur avant-bas leur donne un aspect peu marin et, vus à une certaine distance, ils ressemblent à s'y méprendre à des monitors.

Leur grande superstructure centrale que surplombent deux cheminées et à l'avant un mât militaire avec double hune, leur donne un aspect des plus disgracieux.


330
(432)
(380)
202
152
(203)
(152)
(256)
(380)
330
(432)
203 à 457
152
203
(380)
(432)
Machines
Coupe par
l'axe des tourelles
de 330
Coupe par
l'axe des tourelles
de 203
90°
60°
152
60°
90°
330
330
(432)
(203)
(203)
(254)
330
330
(432)
152
152
5°
5°
90°
35°
90°
50°
60°
90°
35°
90°


(127)
(127)
Citadelle supérieure
Citadelle inférieure
(356)
(356)
(203 à 457

Indiana.

Dimensions. — Leurs dimensions sont :

Longueur.	106,07 *m*
Largeur	21,10 *m*
Tirant d'eau moyen	7,30 *m*
— arrière	8,15 *m*
Déplacement correspondant. . . .	10 400 *tx*

Coque. — La coque est construite en acier à double fond et avec un cloisonnement extrêmement développé. Au-dessus du pont blindé, un seul entrepont règne de l'avant à l'arrière. La hauteur du franc-bord est de 4,50 *m* à l'avant et de 3,50 *m* à l'arrière. Au centre, une superstructure, haute de deux entreponts, donne, pour les logements, un entrepont complet, et un espace rectangulaire découvert, mais abrité contre les embruns et le vent.

Les soutes principales des munitions sont à l'avant et à l'arrière ; la partie centrale du bâtiment étant surtout réservée aux machines. La distribution se fait à l'aide d'une coursive.

Protection. — Les blindages de ces bâtiments sont en acier-nickel aux extrémités. La protection est assurée par un pont blindé sous-marin de 76 *mm* d'épaisseur. Dans la partie centrale du bâtiment ce pont blindé se réduit à un simple pare-éclats ; le pont blindé véritable est alors au-dessus de l'eau, au niveau du can supérieur de la cuirasse. L'épaisseur de ce pont est de 66 *mm*.

Au centre du bâtiment, sur 56 0/0 de la longueur totale, une citadelle blindée occupe toute la largeur du navire ; elle est terminée à l'avant et à l'arrière par des traverses de forme légèrement arrondie.

La partie inférieure de cette citadelle est constituée par des plaques de 2,18 *m* de haut. Leur épaisseur sur les flancs est de 457 *mm* sur une hauteur de 1,22 *m* à partir du can supérieur ; de là elle décroît constamment jusqu'à la tablette où elle n'est plus que de 203 *mm*. Le niveau normal de la flottaison est à 910 *mm* au-dessous du can supérieur. Les traverses ont une épaisseur maximum de 356 *mm*.

Au-dessus du caisson cuirassé ainsi formé, un blindage de 127 *mm* d'épaisseur règne sur toute la hauteur de l'entrepont unique. Cette seconde citadelle ainsi constituée est sensiblement plus courte que la première : en effet, elle vient se raccorder avec

l'arrière du support de la tourelle avant et l'avant du support de la tourelle arrière, tandis que l'épais caisson inférieur enveloppe la base de ces supports.

Dans l'axe longitudinal du bâtiment, à l'avant et à l'arrière du réduit inférieur, s'élèvent deux grandes tourelles constituées de deux parties, l'une fixe dite barbette, et l'autre tournante dite carapace ou bouclier. La barbette est blindée à 432 *mm*; la carapace, qui a 10,43 *m* de diamètre et 2,13 *m* de haut, est blindée à 380 *mm*.

Les quatre tourelles pour canons de 203 *mm* sont constituées également chacune par une barbette blindée à 203 *mm* et une carapace blindée à 152 *mm*.

Le blockhaus du commandant est cuirassé à 254 *mm* et repose sur un tube blindé à 178 *mm*.

Les canons de 152 *mm* sont protégés par de simples masques.

Machines et chaudières. — Deux machines à pilon à triple expansion actionnent chacune une hélice. Elles ont chacune trois cylindres dont les diamètres sont respectivement de 880 *mm*, 1,220 *m* et 1,910 *m*. Les pistons ont une course de 1,070 *m*. La vapeur est fournie par six chaudières ignitubulaires ordinaires à retour de flammes timbrées à 11,25 *kg*. Quatre de ces chaudières sont doubles et les deux autres à une seule façade. La surface totale de grille est de 57 m^2, la surface de chauffe de 1 802 m^2.

Voici, d'après l'*Engineering* du 31 décembre 1897 (*Transactions of Institution of Naval Architects*), quels ont été les résultats obtenus aux essais pour chacun des trois navires de cette classe :

Navires.	Dates des essais.	Déplacement	Tirant d'eau moyen.	Chevaux indiqués.	Vitesse.
		tonnes	mètres	chevaux	nœuds
Indiana	18 oct. 1895	10 409	7,29	9 738	15,55
Massachusetts .	25 avril 1896	10 419	7,30	10 403	16,20
Orégon	14 mai 1896	10 404	7,29	11 111	16,79

Au tirage naturel, on doit pouvoir compter sur une vitesse de 15 nœuds avec une puissance correspondante de 8 000 *ch* environ.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon normal correspondant au tirant d'eau normal est de 406 *t* seulement; mais on peut à la rigueur, et en admettant une surcharge correspondante, embarquer environ 1 200 *t*.

Armement. — L'armement comprend :

4 pièces de 330 *mm* ;
8 pièces de 203 *mm* ;
4 canons de 152 *mm* ;
20 canons de 57 *mm*, à tir rapide ;
4 canons de 37 *mm* à tir rapide,
Et 4 mitrailleuses.

Les pièces de 330 *mm* sont accouplées et placées, deux à l'avant et deux à l'arrière, dans deux grandes tourelles situées sur l'axe longitudinal. Ces pièces tirent par-dessus le pont — on pourrait mieux dire les plages avant et arrière avec un commandement de 5,30 *m* et un champ de tir de 270°. Leur manœuvre est hydraulique.

Les 4 canons de 152 *mm* sont à la même hauteur et sont placés dans des encorbellements de la superstructure centrale. Leur champ de tir est de 145°, dont 5° en dedans de l'axe longitudinal.

Les 8 canons de 203 *mm* sont accouplés dans quatre tourelles disposées symétriquement de chaque bord. Ces pièces ont un commandement de 7,50 *m* et un champ de tir de 164°, dont 14° à l'intérieur de l'axe. Elles sont, comme les pièces de 330 *mm*, à manœuvre hydraulique.

L'*Indiana* peut donc tirer : en chasse directe, en retraite directe, deux 330 *mm*, quatre 203 *mm* et deux 152 *mm*.

Par le travers : quatre 330 *mm*, quatre 203 *mm* et deux 152 *mm*.

Quant à la petite artillerie, elle est répartie sur la superstructure centrale et dans la hune. Il y a sept tubes lance-torpilles au-dessus de l'eau.

Equipage. — L'équipage, primitivement fixé à 400 hommes, officiers compris, semble avoir été porté à un effectif total de 450.

Remarques. — Ce navire, étant donné son déplacement, est extrêmement puissant. Le poids total d'une décharge d'artillerie s'élève à 3 084,8 *kg*. Il n'y a que les grands navires italiens qui, grâce à leurs pièces de 105 *t*, lancent un poids total de métal supérieur ; sur l'*Andréa-Doria*, ce poids est de 3 787,6 *kg* ; sur l'*Italia*, il atteint 4 058,4 *kg*.

Quant au *Royal-Sovereign* anglais, dont les plans ont au moins

partiellement inspiré les constructeurs de l'*Indiana*, bien que son déplacement s'élève à 14 300 *tx*, le poids correspondant de métal n'est que de 2 716 *kg*. Mais il convient de faire remarquer que la comparaison serait à l'avantage du navire anglais si l'on considérait le poids de métal lancé pendant l'unité de temps : les dix pièces de 152 *mm* du *Royal-Sovereign* lui assureraient la supériorité. En outre, le navire anglais file 17 1/2 nœuds, prend en charge normale 900 *t* de charbon, emporte plus de munitions dans ses soutes, a une hauteur de francs-bords plus grande qui lui assure des qualités nautiques supérieures, et a une citadelle qui occupe 65 0/0 de la longueur totale.

A tout prendre, l'*Indiana* paraît, de tous les navires à flot, celui qui possède l'artillerie la plus puissante et la mieux disposée pour un combat en eau calme et d'une durée assez longue pour que l'artillerie moyenne de ses rivaux plus modernes ne puisse point pratiquement maintenir les vitesses de tir obtenues dans les polygones. D'ailleurs, l'*Indiana* pourrait probablement recevoir des 203 *mm* à tir rapide au lieu des pièces actuelles. Il aurait ainsi une supériorité encore plus grande.

L'artillerie de l'*Indiana* est parfaitement disposée : s'il serait évidemment difficile de faire tirer les 203 *mm* par-dessus les tourelles des 330 *mm*, sans danger pour les pointeurs de ces dernières, la chose n'est peut-être pourtant pas impossible avec quelques précautions. Quoi qu'il en soit, ces grands angles de tir sont certainement avantageux : d'abord, ils peuvent être utilisés en cas de mise hors de service des grosses tourelles par le feu de l'adversaire ; ensuite, les quatre pièces de 203 *mm* placées dans la tourelle de droite-avant et de gauche-avant, peuvent, en faisant feu à quelques degrés seulement à l'intérieur de l'axe, maintenir réellement *un tir de chasse effectif*.

La même remarque est encore vraie, mais dans une moindre mesure, pour les pièces de 152 *mm*.

L'*Indiana* a ainsi un grand avantage sur la plupart des bâtiments sur lesquels, au contraire, les pièces latérales de chasse et de retraite ne peuvent, en pratique, tirer simultanément sur un même but. C'est là un point d'une extrême importance et qui vient montrer une fois de plus combien il est nécessaire, dans les questions maritimes, de se livrer à un examen sérieux et approfondi des faits.

La protection de l'artillerie et de la partie centrale de la coque de l'*Indiana* est très bien assurée, tant contre les projec-

tiles de rupture que contre les obus à explosifs. Par contre, les extrémités, entièrement décuirassées, constituent un grave danger. La démolition de l'arrière, et surtout de l'avant, que pourraient effectuer les obus de l'artillerie moyenne moderne, auraient probablement des conséquences désastreuses : le navire perdrait son assiette et risquerait peut-être de chavirer. Le seul palliatif contre un tel désastre serait de bourrer entièrement de cellulose ou de matériaux analogues tous les compartiments de la tranche cellulaire, à l'avant et à l'arrière, afin de réduire autant que possible le volume de l'eau introduite par chaque coup. Mais on aurait ainsi une surcharge considérable.

Enfin, un autre danger sérieux, mais ayant moins de chance de se produire que le précédent, serait, dans un combat en pointe, de recevoir un gros obus qui éclaterait au contact du pont sous-marin : si celui-ci était défoncé, il est probable que le bâtiment coulerait après avoir apiqué puis chaviré. Enfin, il est probable que ces bâtiments sont peu marins, étant donné leur énorme poids d'artillerie et leur faible hauteur d'œuvres-mortes à l'avant.

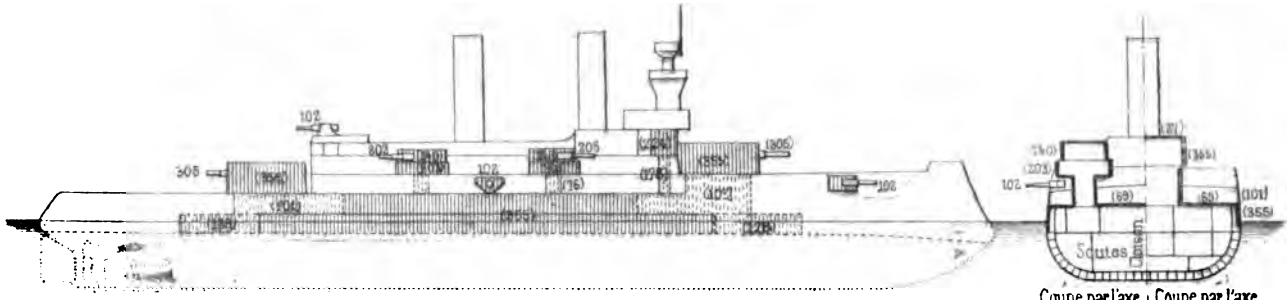
A l'Exposition de Chicago de 1893, on avait eu l'idée ingénieuse, afin d'intéresser le public américain à la marine nationale, de construire sur pilotis, dans le lac Michigan, un modèle grandeur naturelle de l'*Orégon*, avec la plupart des détails et accessoires d'armement d'un vrai navire; ce modèle constituait l'exposition même du Département de la Marine fédérale.

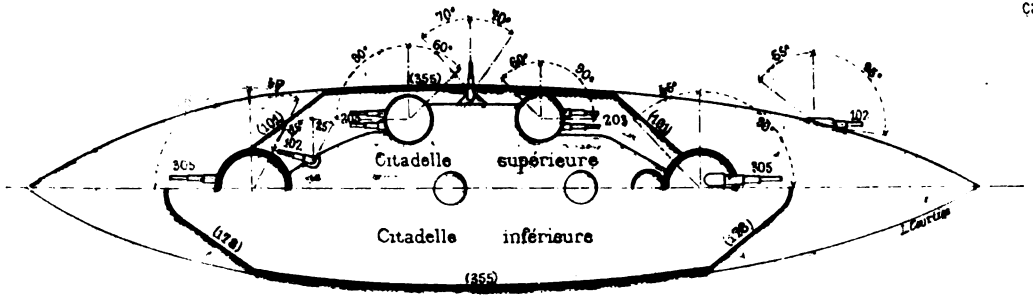
Iowa.

Description générale. — Le *Iowa*, construit chez Cramp, à Philadelphie, où il a été lancé en 1896, est un *Indiana* auquel, grâce à une augmentation de déplacement et à une diminution de puissance offensive et défensive, on a pu donner des qualités nautiques, une vitesse et un rayon d'action bien supérieurs.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur	110,118 *m*
Largeur	21,872 *m*
Tirant d'eau moyen.	7,32 *m*
— d'arrière	7,90 *m*
Déplacement correspondant .	11 522 *tx*


Soutes
Coupe par l'axe des tourelles des canons de 203
Coupe par l'axe des tourelles des canons de 305


Citadelle supérieure
Citadelle inférieure

Iowa.

C'est un navire qui, avec son avant surélevé d'un entrepont par rapport à l'arrière et sa grande tourelle avant au même niveau que les tourelleslatérales, a un aspect réellement marin, sans être pourtant trop chargé de superstructures. La hauteur du pont au-dessus de l'eau est de 3,50 *m* à l'arrière et de 5,50 *m* à l'avant. Il a deux hautes cheminées, l'une devant l'autre et un mât militaire à double hune en avant de la superstructure centrale.

Coque. — La coque, construite en acier, est très forte d'échantillon et possède une grande solidité. Elle est à double fond et divisée en un très grand nombre de compartiments étanches.

Au-dessous du pont blindé, il y a une cloison longitudinale centrale allant de l'avant à l'arrière, plusieurs cloisons longitudinales partielles, quatorze cloisons transversales et des cloisons horizontales dans les soutes à charbon. Sans compter le double fond, il y a, sous le pont blindé, quatre-vingt-huit compartiments étanches.

Au centre du bâtiment, entre le pont blindé supérieur et le pont pare-éclats sous-marin, se trouve une tranche cellulaire. Il y a également, dans les extrémités non blindées, une tranche cellulaire composée vers le centre de compartiments de vivres et de deux ceintures parallèles de caissons pleins de cellulose : le caisson extérieur est plein de cellulose comprimée, le caisson intérieur est rempli de légères boîtes étanches renfermant de la cellulose.

Dans l'ensemble de la tranche cellulaire, il y a 177 compartiments étanches.

Au-dessus de cette tranche cellulaire, le premier entrepont s'étend de l'avant à l'arrière; il est divisé en nombreux compartiments étanches. Au-dessus de cet entrepont se trouve le deuxième entrepont de l'étrave jusqu'à l'avant de la grosse tourelle arrière. Au-dessus encore, la superstructure s'élève entre les deux grosses tourelles.

Ce cloisonnement minutieux est un excellent moyen de défense pour l'ensemble du bâtiment; aux extrémités, il est indispensable. Il a nécessité un poids de 576,89 *t* de métal, plus 66 *t* de cellulose, soit un poids total de 642,89 *t*.

Voici le devis de poids de ce bâtiment :

Coque	3.437,65 *t*
Accessoires (appareils à gouverner, à manœuvrer les embarcations, ventilateurs, pompes et tuyautages d'eau)	527,35 *t*
Cuirasse	3 840 *t*
Artillerie, munitions, torpilles . .	1 040 *t*
Appareil moteur.	1 233 *t*
Charbon	635 *t*
Complémt de l'exposant de charge .	544 *t*
Disponible	265 *t*
TOTAL	11 522 *t*

Protection. — La cuirasse est disposée de même façon que sur l'*Indiana* : aux extrémités, un pont blindé sous-marin ayant 68,9 *mm* d'épaisseur totale ; dans la partie centrale, deux citadelles superposées.

La cuirasse de la citadelle inférieure a sur les flancs une épaisseur maximum de 355 *mm* se réduisant environ à la moitié au can inférieur. Elle est terminée à l'avant et à l'arrière par des traverses dont l'épaisseur maximum est de 178 *mm*. Sa hauteur totale est de 2,287 *m*; en tirant d'eau normal, elle émerge de 0,915 *m*.

La seconde citadelle, qui s'étend entre les deux grosses tourelles, recouvre la hauteur totale du premier entrepont et occupe toute la largeur du bâtiment sur le quart environ de la longueur totale de celui-ci. Constituée de plaques d'acier de 101 *mm* reposant sur un double bordé de 12,5 *mm*, elle protège contre les obus de moyen calibre la plus grande partie du pont blindé supérieur horizontal situé au niveau du can supérieur de la citadelle inférieure, les bases des cheminées, les panneaux des chaufferies et des chambres de machines, et les prises d'air des ventilateurs. Elle constitue de plus une réserve importante de flottabilité blindée.

Des soutes à charbon situées à l'intérieur de ce cuirassement léger, viennent encore renforcer sonacti on protectrice.

Les deux grandes tourelles ont, tant dans la partie fixe inférieure ou barbette que dans la partie tournante supérieure ou carapace, une épaisseur de 355 *mm*. Le plafond a 37 *mm*.

Les quatre tourelles des canons de 203 *mm* ont des blindages

de 203 *mm* aux barbettes et de 140 *mm* aux carapaces. Le tube-support a une épaisseur de 76 *mm*.

Le blockhaus du commandant a 224 *mm* d'épaisseur et repose sur un tube de 178 *mm*.

Les encorbellements des pièces de 102 *mm* ont des blindages de 102 *mm*; leurs traverses, 51 *mm*.

Le devis des poids de la cuirasse est le suivant :

Grande casemate, cuirasse des flancs. . . .	629,37 *t*
— — — des traverses . .	235,98 *t*
Petite casemate, flancs et traverses	196,47 *t*
Tourelles des canons de 305 *mm*.	734,70 *t*
— — — de 203 *mm*.	677,86 *t*
Blockhaus et tube blindé	107,92 *t*
Encorbellements et leurs traverses.	39,34 *t*
Boulons de cuirasse	59,81 *t*
Matelas de bois	110,77 *t*
TOTAL	2 792,22 *t*

Le poids du pont blindé est :

Partie centrale	776,65 *t*	
Extrémités	271,13 *t*	
		1 047,78
POIDS TOTAL DU CUIRASSEMENT. .		3 840,00 *t*

Machines et chaudières. — Deux machines à triple expansion actionnent chacune une hélice. Les pistons ont 1,220 *m* de course et 0,999 *m*, 1,400 *m* et 2,160 *m* de diamètre. Aux essais du 7 avril 1896, la puissance développée était de 12 105 *ch* et la vitesse obtenue de 17,09 nœuds. Au tirage naturel, on obtient 16 nœuds, avec une force de 9 000 *ch*. Cinq chaudières ignitubulaires à retour de flammes, dont trois doubles et deux simples ont une surface totale de grilles de 70 m^2 et une surface totale de chauffe de 2 225 m^2. Les cheminées sont extrêmement élevées; elles ont 30 *m* de hauteur au-dessus des grilles.

Le poids total des machines et des chaudières est de 1 233 *t*, dont :

245,02 *t*	pour les	machines principales,
24,31 *t*	—	machines auxiliaires,
88,95 *t*	—	hélices et arbres,
359,62 *t*	—	chaudières et accessoires,
35,36 *t*	—	condenseurs,
162,98 *t*	—	cheminées, tuyautage et parquets,

le reste pour l'outillage, les pièces de rechange et approvisionnements de machines.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement normal de charbon est de 635 *t*. Il peut être porté à 1 800 *t*; mais, dans ce cas, il faut remarquer que l'on aurait une immersion supplémentaire d'une soixantaine de centimètres, ce qui mettrait le can supérieur de la citadelle inférieure à une trentaine de centimètres seulement au-dessus de la ligne de flottaison. Dans ces conditions, la réserve de flottabilité et de stabilité cuirassées serait dangereusement faible. Néanmoins, cette grande capacité des soutes supplémentaires est un avantage précieux dans certains cas.

Armement. — L'armement comprend :

4	canons de	305 *mm*
8	—	203 *mm*
6	—	102 *mm*
20	—	57 *mm*
4	—	37 *mm*

4 mitrailleuses et une pièce de campagne.

Les pièces de 305 *mm* sont accouplées dans les deux grosses tourelles situées à l'avant et à l'arrière, dans l'axe longitudinal, avec un champ de tir ininterrompu de 270°. Les pièces de chasse ont un commandement de 7,60 *m*; chaque tourelle a deux capots de visée.

Les huit pièces de 203 *mm*, disposées comme sur l'*Indiana*, ont aussi un commandement de 7,60 *m*; mais, par suite des dispositions adoptées, leur champ de tir est forcément moindre. Les pièces des tourelles avant tirent en chasse directe, mais sans champ de tir à l'intérieur de la parallèle à l'axe longitudinal menée par le centre de rotation de la tourelle. De même, les pièces des tourelles arrière tirent en retraite directe sans angle rentrant.

Chaque tourelle a deux capots de visée. Le champ de tir est d'environ 150°.

Des six canons de 102 *mm*, deux sont situés à l'arrière de la superstructure; ils tirent en retraite par-dessus la tourelle arrière et en travers. Leur angle total est de 150°, dont 25° à l'avant de la perpendiculaire à l'axe longitudinal menée par l'axe de rotation de l'affût.

Les quatre autres pièces de 102 *mm* sont dans l'entrepont supérieur, dans des encorbellements blindés. Deux sont situées entre les tourelles de 203 *mm* et tirent par le travers avec un angle de 140°. Les deux autres, très à l'avant — trop à l'avant peut-être — tirent par le travers et en chasse directe : leur champ est de 150°, dont 95° à l'avant de la perpendiculaire menée à l'axe longitudinal par le centre de rotation de la pièce.

La petite artillerie est répartie dans l'entrepont supérieur et sur les passerelles.

Il y a six tubes à torpilles au-dessus de l'eau, un en chasse directe à l'avant, un en retraite directe à l'arrière et quatre situés dans la citadelle supérieure tirant par le travers.

Il y a plusieurs projecteurs électriques.

Les embarcations sont au nombre de dix, dont une vedette de 12 *m.* On les met à l'eau à l'aide de deux grues à pivot de 6,50 *m* de portée, situées à droite et à gauche de la superstructure, un peu à l'avant des deux tourelles arrière de 203 *mm.*

Équipage. — L'équipage, primitivement fixé à 400 hommes, a dû probablement être porté à 450 environ.

Texas.

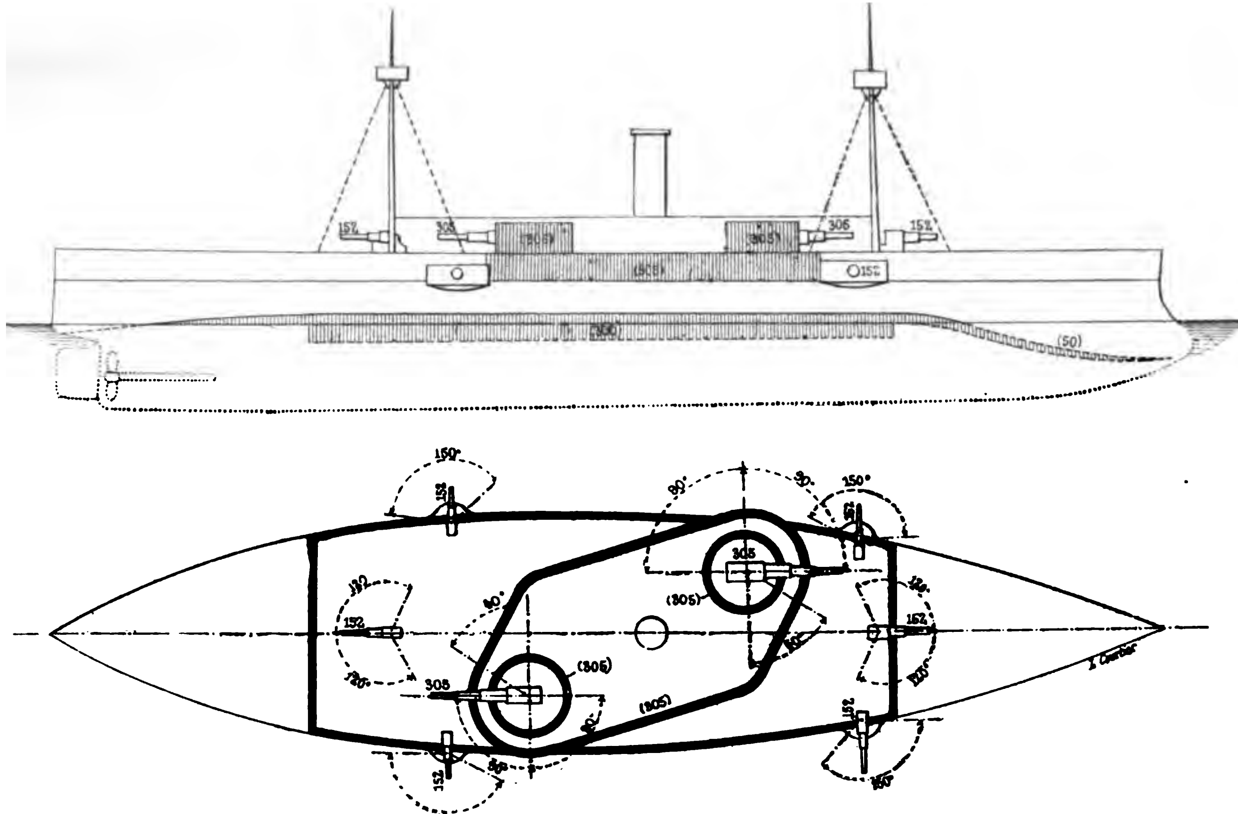
Le *Texas* a été lancé à Norfolk en 1892.

Description générale. — C'est un navire assez élevé au-dessus de l'eau de l'avant à l'arrière. Au centre se trouve une superstructure légère. Il a une grosse cheminée et deux mâts militaires.

Dimensions. — Ses dimensions principales sont :

Longueur à la flottaison en charge. Perpendiculaires américaines	91,85 *m*
Largeur	19,76 *m*
Tirant d'eau moyen	6,85 *m*
— arrière	7 00 *m*
Déplacement correspondant.	6 400 *tx*

Coque. — La coque s'élève depuis l'avant jusqu'à l'arrière de la hauteur de deux entreponts ; les superstructures ne règnent absolument que dans la partie milieu.



Texas.

Protection. — La protection est constituée au centre par un caisson rectangulaire ayant 1,97 *m* de haut dont 0,60 *m* au-dessus de l'eau. L'épaisseur maximum des plaques est de 300 *mm*. Le pont blindé horizontal situé au can supérieur de la cuirasse du caisson a une épaisseur de 50 *mm*. Le pont sous-marin qui protège les extrémités est également blindé à 50 *mm*.

Les deux grosses tourelles qui contiennent l'artillerie principale sont placées en échelon gauche-avant et droite-arrière. Elles sont blindées à 305 *mm*. Leur base est entourée par une espèce de redoute analogue à celle de l'*Italia* et blindée également à 305 *mm*. Cette redoute ne s'étend que sur la hauteur de l'entrepont supérieur et ne descend point jusqu'au caisson central.

Machines et chaudières. — Deux machines à triple expansion actionnant chacune une hélice développent ensemble 8 500 *ch* et donnent une vitesse d'environ 17 nœuds. Au tirage naturel, on peut obtenir 5 800 *ch* et une vitesse de 15,5 nœuds.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement normal de charbon est de 365 *t* ; il peut être environ doublé.

Armement. — L'armement comprend :

2 pièces de 305 *mm*, chacune dans une des grosses tourelles ayant un champ de tir ininterrompu de 180°. En outre, chaque pièce doit disposer d'un angle d'une quarantaine de degrés sous la superstructure centrale.

6 pièces de 152 *mm*, dont deux sur le pont dans l'axe longitudinal avec environ 240° de champ et quatre au niveau de l'entrepont supérieur dans des encorbellements ; deux de ces pièces tirent en chasse directe et par le travers ; les deux dernières en retraite directe et par le travers avec un angle de 150°.

12 pièces de 57 *mm*,

8 pièces de 37 *mm*,

réparties dans l'entrepont supérieur et sur les passerelles complètent l'armement.

Enfin, il y a quatre tubes lance-torpilles.

Equipage. — L'équipage est de 400 hommes environ.

Remarques. — Ce bâtiment a tous les défauts du *Maine* : caisson central trop court et trop peu élevé, extrémités trop peu cloisonnées, mauvaises dispositions de la grosse artillerie. En outre,

la base unique qui entoure les deux tourelles de 30 *mm* permettrait à un seul projectile heureux de paralyser toute la grosse artillerie. Enfin, cette base n'étant point prolongée jusqu'au caisson, les obus entrant dans l'entrepont inférieur peuvent également paralyser la grosse artillerie.

Le ***Texas*** paraît donc très inférieur au ***Maine*** en tant que machine de guerre ; il doit être également moins marin.

Navires de combat à faible vitesse et à armement puissant.

Kearsage et Kentucky.

Description générale. — Ces navires, en achèvement à Newport-News, ne seront point terminés avant quelques temps ; ils pourraient néanmoins entrer en ligne si la guerre se prolongeait beaucoup.

Ces navires sont très ras sur l'eau : le franc-bord à l'avant est de 4,40 *m* et à l'arrière de 3,75 *m*.

Ils ont deux tourelles sur le pont supérieur dans l'axe longitudinal, une à l'avant et l'autre à l'arrière. Au centre du bâtiment s'élève une batterie recouverte de superstructures légères, les deux cheminées placées l'une devant l'autre entre les deux mâts militaires à double hune.

La manœuvre des embarcations se fait à l'aide de quatre grues placées deux de chaque bord.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur à la flottaison.	112,25 *m*
Largeur	22 *m*
Tirant d'eau moyen.	7,16 *m*
— — arrière.	7,60 *m*
Déplacement correspondant	11.500 *t*

Coque. — La coque est en acier à double fond et divisée en de nombreux compartiments étanches.

Protection. — Au centre du bâtiment, jusqu'à l'aplomb des deux grosses tourelles, règne un caisson blindé formé de plaques verticales ayant 2,30 *m* de haut et dont le can supérieur est à 1,10 *m* au-dessus de l'eau. L'épaisseur varie depuis 410 au can

supérieur jusqu'à 230 au can inférieur situé à 1,20 *m* au-dessous de l'eau.

A l'avant de la base de la tourelle avant est située une cloison transversale ayant 250 *mm* d'épaisseur maximum ; à l'arrière de la base de la tourelle arrière est une autre cloison dont l'épaisseur maximum est de 300 *mm*. Au can supérieur de ces plaques est le pont blindé horizontal dont l'épaisseur est de 70 *mm*. A l'avant et à l'arrière du caisson central, un pont blindé sous-marin dont l'épaisseur varie de 75 à 127 *mm* relie les cloisons transversales avec l'étrave et l'étambot. De la traverse avant jusqu'à l'étrave, règne une cuirasse légère de 10 *cm* d'épaisseur et d'environ 2,30 *m* de hauteur. Au-dessus du caisson s'élève entre les deux tourelles (comme sur *l'Indiana* et le *Iowa*) un second caisson blindé à 127 *mm*. Mais la cuirasse monte encore, en plus de la hauteur d'un entrepont, de façon à protéger l'artillerie moyenne qui s'y trouve. La muraille de la batterie est blindée à 152 *mm* (1). Des traverses, de 50 *mm* d'épaisseur, séparent les emplacements des pièces.

Le poste du commandant est cuirassé à 250 *mm* d'épaisseur.

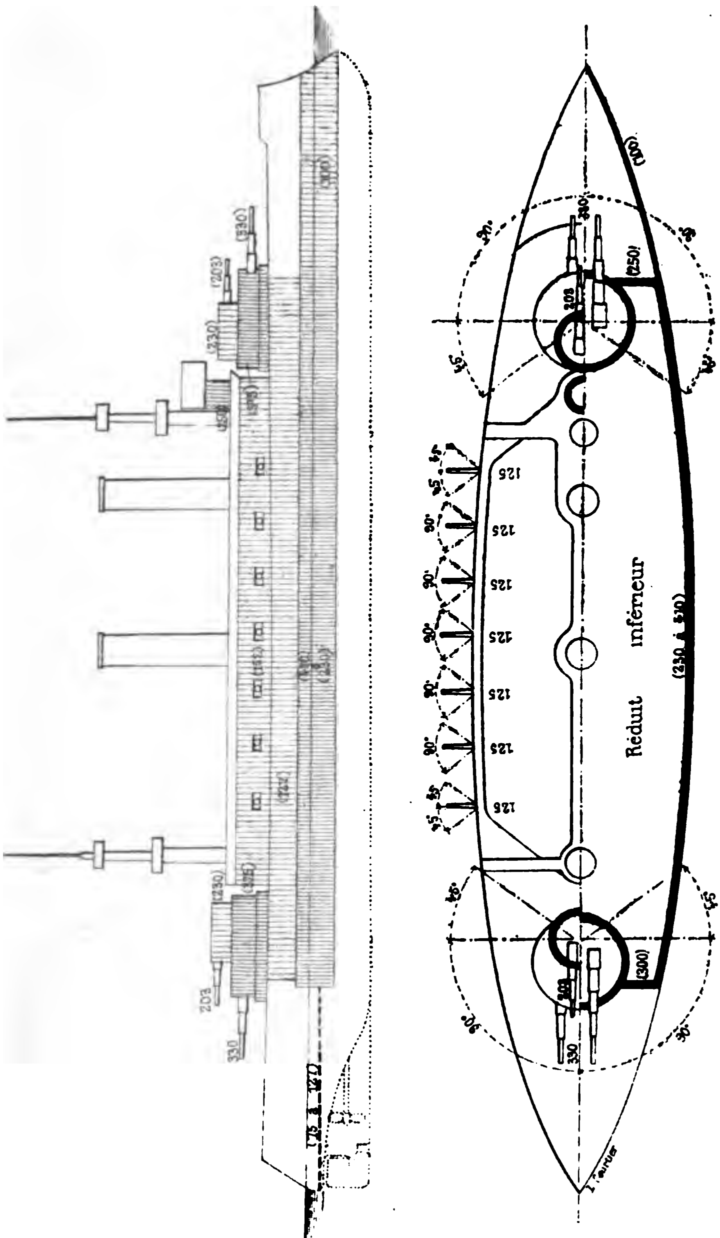
Le côté le plus caractéristique de ces bâtiments est que les deux grosses tourelles de l'avant et de l'arrière sont à deux étages superposés : l'étage inférieur renfermant deux pièces de 330 *mm* et l'étage supérieur deux pièces de 203 *mm*.

Chacune de ces doubles tourelles est constituée par une partie fixe ou barbette ayant 375 *mm* d'épaisseur ; au-dessus, s'élève la partie tournante ou carapace, dont le premier étage a une épaisseur de 375 *mm*, avec un renfort de 50 *mm* aux embrasures, et dont la partie supérieure, d'un diamètre beaucoup moindre, a une épaisseur de 230 *mm*, avec un renfort de 50 *mm* aux embrasures.

Machines et Chaudières. — Deux machines verticales, à triple expansion, dont les cylindres ont 1,20 *m* de course et des diamètres respectifs de 840 *mm*, 1,275 *m* et 1,950 *m*, développent ensemble 10 000 *ch* à 120 tours. La vitesse prévue, correspondant au tirant d'eau normal, est de 16 nœuds. Au tirage naturel, la vitesse ne sera probablement pas supérieure à 15 nœuds.

Les chaudières, placées dans quatre compartiments étanches, ont ensemble une surface de grille de 62 m^2.

(1) D'après certaines descriptions cette cuirasse légère aurait une épaisseur uniforme de 152 *mm* tant sur le premier entrepont que sur la batterie.



Kearsage.

L'approvisionnement normal de charbon est de 410 *t*, mais les soutes permettent d'emporter 1 210 *t* avec un enfoncement de 46 *cm*.

On aurait, dans ce cas, une distance franchissable de 6 000 milles à 10 nœuds.

Armement. — L'armement comprend :

4 pièces de 330 *mm*.
4 — 203 *mm*.
14 — 125 *mm* à tir rapide.
20 — 57 *mm* —
6 — 37 *mm* —
4 mitrailleuses.
4 tubes lance-torpilles.

Les pièces de 330 *mm* et de 203 *mm* sont accouplées dans les deux grandes tourelles — les pièces de 330 *mm* à l'étage inférieur, celles de 203 *mm* à l'étage supérieur, — avec un champ de tir de 270°.

Les pièces de 125 *mm* sont dans la batterie cuirassée reposant sur le pont supérieur; elles tirent par le travers seulement, avec un champ de 90°.

La petite artillerie à tir rapide est répartie sur la superstructure et dans les hunes.

Le navire peut ainsi tirer, en chasse directe et en retraite directe :

2 pièces de 330 *mm*.
2 — 203 *mm*.

par le travers :

4 pièces de 330 *mm*.
4 — 203 *mm*.
7 — 125 *mm*.

Les quatre tubes lance-torpilles sont dans le premier entrepont blindé (1).

Équipage. — L'équipage est actuellement fixé à 520 hommes.

(1) Certaines descriptions indiquent 4 tubes submergés et un tube à l'avant; nous avons lieu de croire que le tube de l'avant a dû être supprimé et que les 4 tubes sont réellement au-dessus et non au-dessous de l'eau.

Monitors.

Amphitrite, Miantonomoh, Monadnock, Monterey Puritan et Terror.

Description générale. — Tous ces bâtiments sont du même type; ils ne diffèrent entre eux que par leurs superstructures qui, sur le *Miantonomoh*, sont réduites au minimum.

Ce sont des navires relativement larges et plats, presque entièrement immergés. Leur plat-bord n'est qu'à une soixantaine de centimètres environ au-dessus de leur ligne de flottaison. Ils ont tous de grandes hauteurs métacentriques, ce qui leur donne des roulis assez rapides (six à huit secondes environ). Mais dès que le mouvement présente assez d'amplitude pour immerger le pont, le bâtiment devient relativement beaucoup plus stable à chaque oscillation : le travail considérable effectué pour faire émerger le pont couvert d'eau, la brusque diminution du couple de redressement au moment où le bord s'enfonce assez pour noyer le pont, tendent tous deux à diminuer les roulis et à maintenir le bâtiment droit. Il en résulte que, par gros temps, c'est bien moins l'instabilité de plate-forme de tir que l'embarquement de forts coups de mer qui gêne le maniement de la grosse artillerie placée dans des tourelles reposant directement sur le pont, et ayant par conséquent un faible commandement au-dessus de la mer. Il en résulte également qne la ceinture cuirassée, très étroite ne risque guère d'émerger complètement.

Les monitors, ont de bout en bout un caisson cuirassé constitué par une ceinture moins épaisse aux extrémités qu'au milieu du bâtiment et par le pont cuirassé horizontal — c'est le pont même du navire — au can supérieur de la cuirasse. Les deux grosses tourelles avant et arrière sont fortement blindées ainsi que le poste du commandant.

Le tube-support de ce poste, la base de la cheminée et la base de la prise d'air principale des ventilateurs sont également blindés.

Les monitors sont donc parfaitement disposés pour résister à l'artillerie, surtout à l'artillerie moyenne à tir rapide capable de faire chavirer et couler la plupart des grands cuirassés de combat. Tant que leur ceinture cuirassée est intacte, ils sont assurés de ne pas chavirer, de ne pas couler, de naviguer et de combat-

tre. Leur faible tirant d'eau leur donne de grandes facilités pour opérer dans le golfe du Mexique, le long des côtes du Nouveau-Monde.

Leurs défauts sont d'avoir peu de charbon — sauf le *Puritan* — peu de vitesse, des qualités nautiques insuffisantes, et de ne pouvoir utiliser leur grosse artillerie avant quand la mer est mauvaise.

Enfin, et c'est là le point le plus grave, leur artillerie moyenne à tir rapide et leur petite artillerie à tir rapide sont insuffisantes et n'ont aucune espèce de protection : il en résulte que si le feu de l'ennemi ne peut que très difficilement leur infliger des avaries majeures, il peut néanmoins, en détruisant toutes leurs parties non blindées, les mettre à la merci de torpilleurs contre lesquels la grosse artillerie ne donne qu'une protection insignifiante.

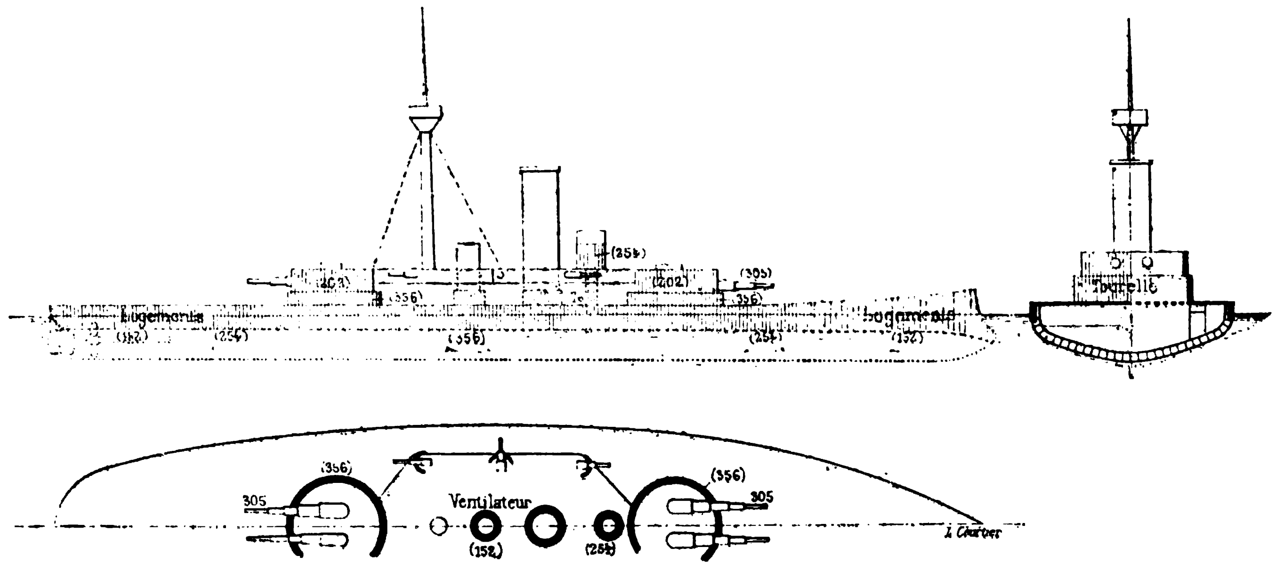
Comme exemple, nous donnons les quelques détails suivants sur le *Puritan* :

Coque. — La coque est en fer à double fond et subdivisée en nombreux compartiments étanches.

Protection. — La ceinture cuirassée a une hauteur de 1,70 *m* dont 0,63 *m* au-dessus de l'eau. Au milieu du navire, sur une longueur de 48,80 *m*, l'épaisseur est de 356 *mm* depuis le can supérieur jusqu'à 300 *mm* au-dessous de l'eau ; de là elle diminue jusqu'au can inférieur où elle n'est plus que de 152 *mm*. Pendant 6,10 *m* à l'avant et à l'arrière de cette partie centrale, le maximum d'épaisseur est de 254 *mm* ; le reste la cuirasse à l'avant et à l'arrière n'a plus que 152 *mm*. Le pont horizontal a 51 *mm* d'épaisseur. Les barbettes ou parties fixes des tourelles ont 356 *mm* et 2,13 *m* de hauteur. Les tourelles ou carapaces tournantes ont 203 *mm*. Le mécanisme est hydraulique. Le blockhaus du commandant, protégé à 254 *mm*, est relié au pont par un tube de 76 *mm*. La base de la cheminée et la base de la prise d'air du ventilateur principal sont cuirassées à 152 *mm*.

Machines et chaudières. — Deux machines horizontales compound actionnent chacune une hélice ; leur course est de 1,067 *m*. Les diamètres des cylindres de 1,27 *m* et de 2,085 *m*. Avec une vitesse de 65 tours à la minute, elles développent 3 700 *ch* et donnent au navire une vitesse de 12,4 *n* avec le tirage forcé en cendrier clos.

Huit chaudières à retour de flammes et simple façade fonctionnant au tirage forcé en cendrier clos sont timbrées à 5,7 *kg*.



(254)
(305)
(203)
(202)
(356)
(356)
(152)
(254)
(356)
(254)
(152)
Tourelle
(356)
305
Ventilateur
(152)
(254)
(356)
305
J. Chartier

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon est de **416** *t*, ce qui donne au navire un rayon d'action sérieux.

Armement. — L'armement principal se compose de quatre pièces de 305 *mm* accouplées dans les deux tourelles d'avant et arrière.

L'artillerie moyenne à tir rapide comprend :

Six pièces de	**102** *mm*
Six pièces de	**57** *mm*
Deux pièces de	**37** *mm*

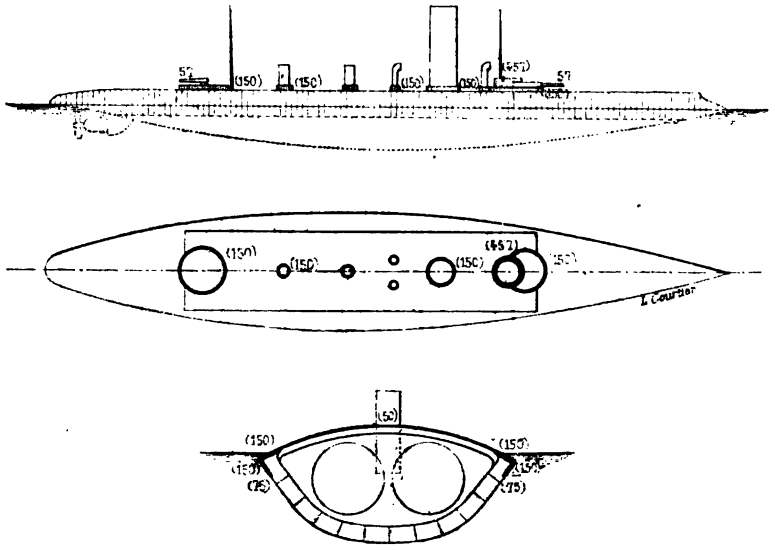
La seule protection est constituée par les boucliers légers des pièces de **102** *mm*. Deux monte-charges électriques non protégés en assurent le service.

Équipage. — L'équipage comprend 230 hommes ; sauf les officiers supérieurs, ils sont logés dans un entrepont situé sous le pont blindé à l'avant et à l'arrière du bâtiment.

Bélier-Katahdin

Description générale. — Ce navire a été construit pour combattre uniquement par le choc. Il est très ras sur l'eau et entièrement protégé par son pont supérieur blindé et en dos d'âne : c'est en réalité un Whaleback cuirassé.

Il a été lancé en 1893 à Bath.



Katahdin.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur totale	76,43 *m*
Largeur	13,23 *m*
Tirant d'eau moyen	4,57 *m*
Déplacement correspondant	2 218 *t*

Coque. — Un double fond s'étendant sur une grande partie de la longueur peut contenir, dans ses 72 compartiments étanches, 200 *t* d'eau, de façon à pouvoir immerger d'une quinzaine de centimètres au-dessous du niveau de la flottaison normal.

La coque est divisée en nombreux compartiments étanches.

Le tirant d'eau avant et le tirant d'eau arrière sont nuls ; et, à partir du milieu jusqu'à l'étrave et jusqu'à l'étambot, le fond se relève suivant une courbe continue de façon à faciliter les girations. Pour cette raison le gouvernail est soutenu par un support évidé.

La maîtresse section présente une forme lenticulaire. En charge normale, les angles de la lentille sont à 15 *mm* au-dessous de la flottaison. Le sommet du pont supérieur cuirassé, en forme de courbe de 11,80 *m* de rayon, est à 1,800 *m* au-dessus de la flottaison normale. Les parties du pont arqué, voisines des deux angles de la lentille, sont blindées à 150 *mm*, puis l'épaisseur va en diminuant jusqu'au centre où elle n'est plus que de 50. Au-dessus des angles de la lentille, la coque est blindée à 150 puis à 75. La hauteur totale de la partie cuirassée de la coque est d'environ 1,50 *m*. Le poste du commandant est fortement cuirassé : 457 *mm*, suivant certaines descriptions, 305, suivant d'autres. La base des cheminées et la base des ventilateurs sont blindées à 150. Deux petites barbettes, pour canons de 57 *mm*, sont également blindées à 150 *mm*.

Machines et chaudières. — Deux machines horizontales Marschall à triple expansion ont une course de 914 *mm*. Les diamètres des cylindres sont de 635 *mm*, 914 *mm* et 1,422 *m*. A 150 tours, en développant 4 800 *ch*, en flottaison normale, on a obtenu 16,1 nœuds, soit 1 nœud environ de moins que les prévisions.

Les deux hélices sont en bronze manganèse.

Deux chaudières écossaises doubles et une chaudière écossaise simple ont ensemble 32,88 m^2 de surface de grille et 1 128 m^2 de surface de chauffe.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement normal de charbon est de 175 *t*. Il peut être porté à 230.

Armement. — Le *Katahdin* n'a, en dehors de son robuste éperon en acier coulé pesant une dizaine de tonnes, que quatre canons de 57 *mm* installés dans de petites barbettes; ces pièces ont évidemment pour but de repousser les attaques des torpilleurs. Il est, en effet, certain que le *Katahdin*, étant données sa vitesse insuffisante et sa faible artillerie à tir rapide, a beaucoup plus à craindre des torpilleurs que de l'artillerie.

Ce navire ne paraît point être utilisable au large; grâce à son faible tirant d'eau, il peut rendre quelques services dans les eaux peu profondes des côtes d'Amérique et du golfe du Mexique.

Equipage. — L'équipage se compose de 98 personnes, dont sept officiers et 71 mécaniciens.

Croiseurs à très grande vitesse.

Columbia et Minneapolis.

Description générale. — Ces bâtiments ont des formes très allongées et très fines. Leur apparence générale est celle des grands paquebots qu'ils sont chargés de poursuivre et de capturer; pourtant, leur étrave légèrement renversée, leur arrière pareil à l'avant et le développement considérable du rouf central les font encore, à une certaine distance, reconnaître comme navires de guerre. Ils ont chacun deux mâts de signaux. Le *Columbia* a quatre cheminées; le *Minneapolis* deux grosses cheminées seulement.

De l'avant à l'arrière un double entrepont règne au-dessus du pont blindé, et un rouf s'étend dans la partie centrale.

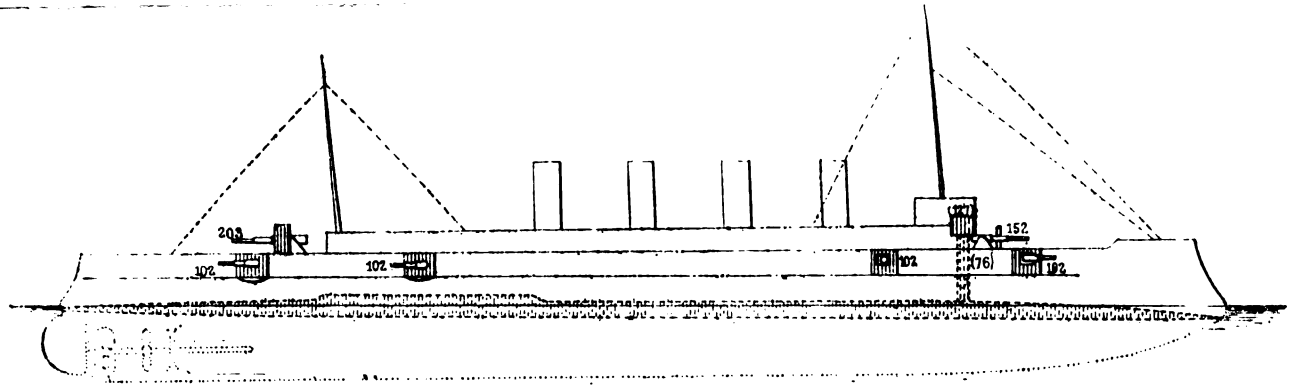
Le contrat du *Columbia* autorisé par un acte du Congrès, le 30 juin 1890, a été signé le 19 novembre de la même année.

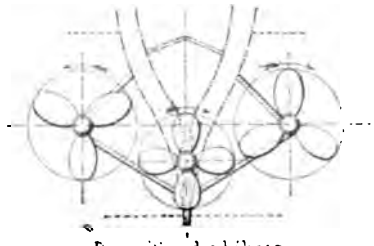
Le marché du *Minneapolis* a été signé le 31 août 1891.

Construits tous deux aux chantiers de Cramp à Philadelphie, ils ont été lancés, le *Columbia* en 1892 et le *Minneapolis* en 1893.

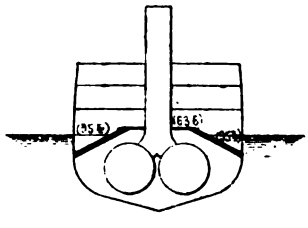
Dimensions. — Leurs dimensions sont :

Longueur	125,57 *m*
Largeur	17,68 *m*
Tirant d'eau moyen du *Columbia*	6,87 *m*
— du *Minneapolis*	6,90 *m*





Disposition des hélices



Columbia.

Tirant d'eau arrière du *Colombia*.	7,22 *m*
— du *Minneapolis*.	7,25 *m*
Déplacement correspondant du *Columbia* . .	7 500 *tx*
— du *Minneapolis* .	7 600 *tx*

Coque. — La coque, en acier, présente un brion très arrondi et très long de façon que le tirant d'eau à la perpendiculaire avant est sensiblement nul. Le double fond s'étend sur la presque totalité de la longueur du bâtiment. Au centre du navire, deux quilles à roulis règnent sur environ 40 *m*. La tranche cellulaire qui renferme 122 compartiments étanches, occupe la majeure partie de l'entrepont inférieur : elle a 2,60 *m* sous barrots dans l'axe et 4,13 *m* en abord. Un cofferdam renfermant 90 *t* de cellulose existe sur toute la longueur du bâtiment. Au maître-bau son épaisseur est de 1,524 *m* et il s'étend à l'intérieur du bordé, depuis le pont blindé sur une hauteur de 2,286 *m*; aux extrémités, ses dimensions sont moindres.

Au-dessous du pont blindé, il y a douze cloisons étanches transversales; deux cloisons étanches latérales par le travers des chaudières; et une cloison longitudinale par le travers des machines.

Dans la tranche cellulaire, il y a dix-huit cloisons transversales complètes, cinq cloisons transversales partielles, et trois cloisons de chaque bord. Il y a enfin sept cloisons transversales au-dessus de la tranche cellulaire. Le nombre total des compartiments étanches est de 215.

La hauteur de la coque est de 7,15 *m* à l'avant et de 5,35 *m* à l'arrière; la hauteur métacentrique du *Minneapolis* est de 0,926 *m*.

Le devis sommaire des poids est de :

Coque et accessoires	2 884 *t*
Cuirasse	1 015 *t*
Artillerie.	207 *t*
Appareil moteur (avec 424 *tx* d'eau)..	1 952 *t*
Charbon	762 *t*
Complément de l'exposant de charge.	468 *t*
Disponible	179 *t*
TOTAL.	7 467 *t*

Protection. — La cuirasse est surtout composée d'un pont blindé en forme de trapèze dont la partie horizontale est à 0,30 *m*

au-dessus de la flottaison; les parties inclinés joignent le bordé à 1,37 *m* au-dessous; il se compose de deux tôles de 31,8 *mm* chacune, soit 63,6 *mm* sur les parties horizontales, et de trois tôles de 31,8 *mm*, soit ensemble 95,4 *mm*, sur les parties inclinées par le travers des chaudières et des machines. Le grand panneau des machines est protégé par un léger glacis. Le blockhaus du commandant, protégé par des plaques de 127 *mm* et des tôles pare-éclats, communique avec le pont blindé par l'intermédiaire d'un tube cuirassé à 76 *mm*. Les blindages sont, croyons-nous, respectivement de 150 *mm* et 70 *mm*.

Les huit encorbellements aux pièces de 102 *mm*, ont des blindages dont l'épaisseur varie de 50 *mm* à 100 *mm* (?) Il n'y a pas de pare-éclats blindés formant casemate.

Machines et chaudières. — Trois machines verticales à trois cylindres et à triple expansion, absolument pareilles, agissent chacune par l'intermédiaire d'un arbre séparé sur une hélice en bronze-manganèse et à très gros moyeu. L'hélice centrale est plus basse que les deux hélices latérales. L'arbre central est horizontal, tandis que les deux arbres latéraux convergent fortement en descendant un peu.

Les deux machines latérales sont dans deux compartiments étanches, séparés et accolés à côté l'un de l'autre; en arrière, dans un compartiment également séparé, se trouve la machine centrale.

La course des neuf pistons est de 1,067 *m*, les diamètres respectifs des cylindres sont 1,067 *m*, 1,498 *m*, 2,337 *m*; la longueur de la bielle est de 2,134 *m*. Il y a sept tiroirs cylindriques par machine: un au cylindre haute pression ayant 457 *mm* de diamètre; deux au cylindre moyenne pression ayant 584 *mm* de diamètre; quatre au cylindre basse pression ayant un diamètre de 533 *mm*. Les distributions se font par coulisses Stephenson, sans dispositifs spéciaux pour faire varier la détente.

La vitesse des pistons atteint près de 5 *m* à la seconde, environ pour 136 tours.

L'appareil évaporatoire comprend uniquement des générateurs ignitubulaires écossais timbrés à 10,35 *kg* et placés parallèlement à l'axe longitudinal du bâtiment.

Sur le *Columbia*, la vapeur est fournie par huit chaudières écossaises à double façade, mais de modèles différents, les six situées le plus en arrière, ont chacune huit foyers et quatre boîtes à feu;

leur diamètre extérieur est de 4,80 *m*, et leur longueur de 5,49 *m*. Les deux chaudières placées le plus à l'avant sont plus petites; elles n'auraient chacune que 3,78 *m* de diamètre, et 5,08 *m* de longueur.

Sur le *Minneapolis*, l'appareil évaporatoire est plus puissant encore. Il se compose de huit chaudières écossaises ayant chacune huit foyers et quatre boîtes à feu. Les deux plus petites, situées à l'avant, ont les mêmes dimensions que les grandes chaudières du *Columbia*; les six autres ont 6,10 *m* de long et 4,80 de diamètre; elles pèsent 73 *t* à vide, et contiennent 40,5 *t* d'eau; leurs tôles cylindriques ont 34 *mm* d'épaisseur; elles ont 1 268 tubes de 2,730 *m* de long. Comme les chaudières du *Columbia*, elles sont desservies par six chambres de chauffe, deux grandes et quatre petites, qui s'étendent sur toute la largeur du bâtiment.

Voici les caractéristiques de ces appareils, sans y comprendre les deux chaudières auxiliaires que chaque bâtiment porte dans son entrepont:

	Surface de grille	Surface de chauffe
Columbia.	124,86 m^2	4 020 m^2
Minneapolis.	135,28	4 477,27 m^2

Tous les foyers en tôle de 14,3 *mm* sont du système Fox, à ondulations alternées par rapport au foyer voisin. Pour les grandes chaudières, les diamètres des foyers hors gaufrures et en dedans des gaufrures sont respectivement de 1,117 *m* et 1,035 *m*. Étant données les grandes dimensions des chaudières, on a très sagement installé des hydrokineters pour effectuer le brassage de l'eau pendant la mise en pression et des appareils spéciaux pour déterminer un courant général de circulation à l'aide de l'eau d'alimentation. Il est probable que c'est à ces dispositifs et à la bonne construction que l'on doit la réussite des essais aux grandes allures et l'absence de fuite des générateurs ignitubulaires de ces bâtiments. Pour permettre l'emploi du tirage forcé, chacune des huit chaudières principales est pourvue de deux ventilateurs Sturtevant placés un à chacune de ses extrémités.

Deux chaudières auxiliaires sont placées perpendiculairement à l'axe longitudinal dans le premier entrepont. Ces chaudières, qui doivent être éteintes pendant un combat, ont ensemble une surface de grille de 5,94 *m* et une surface totale de chauffe de

180 m^2. Deux bouilleurs peuvent fournir par jour 54 *t* d'eau douce.

Chaque machine possède un condenseur en laiton, dont la surface réfrigérante est de 880,13 m^2. Chaque condenseur contient 4 894 tubes ayant 3,507 *m* de long, 15,9 *mm* de diamètre et 0,9 *mm* d'épaisseur. Chaque condenseur est desservi par deux pompes centrifuges.

Le poids total de l'appareil moteur et évaporatoire du *Columbia*, en comprenant 424 *t* (ou 320?) d'eau, est de 1 965 *t*.

Pour combattre les voies d'eau, un système général de canalisation aboutit à deux drains principaux. Sur le plus gros — dont le diamètre est de 305 *mm* — agissent les six pompes rotatives des condenseurs ayant ensemble un débit de 184 000 *l* à la minute et une grande pompe d'épuisement ayant un débit de 4 500 *l*; sur le petit drain de 180 *mm* de diamètre agissent d'autres pompes. L'ensemble donne ainsi un peu moins de 13 000 *t* à l'heure.

Aux essais à toute vitesse, les résultats suivants ont été obtenus :

	Columbia 16 novembre 1893.	Minneapolis 14 juillet 1894.
Machines principales. . . .	18 240,43 *ch*	20 366 *ch*
Machines auxiliaires	555,68 *ch*	496 *ch*
Force totale. . .	18 795,91 *ch*	20 862 *ch*
Pression d'air dans les chaufferies.	18,5 *mm*	25,4 *mm*
Nombre de tours moyen.	131,53 *mm*	132,41 *mm*
Vitesse moyenne des pistons. . .	4,677 *m*	4,70 *m*
Vitesse	22,3 nœuds	23,7 nœuds.

Les vibrations très faibles au-dessous de 90 tours et au-dessus de 100 tours ont été, au contraire, très fortes entre 90 et 100 tours. Au tirage naturel, on peut obtenir une vingtaine de nœuds dans des conditions favorables.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement normal de charbon est de 762 *t*. Les soutes peuvent contenir 1 600 *t* et à la rigueur on peut en embarquer 2 000 *t*. Dans ces conditions, on espère pouvoir franchir 16 000 milles à faible vitesse.

Armement. — L'armement comprend :

1 canon de 203 *mm* placé à l'arrière sur le pont dans l'axe lon-

gitudinal, protégé par un bouclier tournant et ayant un champ de tir de 280° à 300°.

2 canons de 152 *mm* à l'avant sur le pont en abord, tirant en chasse directe avec un champ de tir ininterrompu d'environ 140°. Chacune de ces pièces pourrait également, croyons-nous, à la rigueur disposer d'un champ de tir d'une trentaine de degrés en faisant feu par-dessus le pont.

8 canons à tir rapide de 102 *mm* installés dans des encorbellements du faux-pont supérieur ayant chacun un champ de tir de 142° dont 90° à l'avant ou à l'arrière de la perpendiculaire à l'axe longitudinal passant par le centre de rotation.

12 canons à tir rapide de 57 *mm* dont 8 en encorbellement dans le faux-pont supérieur et 4 sur les passerelles.

4 canons de 37 *mm* à tir rapide et 4 mitrailleuses de Gatling.

Le navire peut tirer :

En chasse directe, 2 de 152 *mm* et 4 de 102 *mm* ;

En retraite directe, un de 203 *mm* et 4 de 102 *mm* ;

Par le travers, 1 de 203 *mm*, 1 de 152 *mm* et 4 de 102 *mm*.

Il y a 5 tubes lance-torpilles : 2 de chaque bord et 1 à l'arrière dans l'entrepont inférieur.

Equipage. — L'équipage est de 450 hommes environ.

Remarques. — Ces bâtiments sont très réussis eu égard à leurs dimensions ; on doit cependant remarquer que le compartimentage et le cofferdam ne sont pas assez développés à l'avant de l'entrepont inférieur et qu'il aurait été préférable de prolonger le rouf pour élever d'un entrepont la hauteur des œuvres-mortes à l'avant.

Enfin, il est évident, comme nous l'avons établi dans les notes publiées dans le Bulletin de la Société en octobre 1892 et en juillet 1896 que ces bâtiments sont trop petits pour le rôle qu'on a prétendu leur faire jouer, c'est-à-dire pour chasser avec succès, même par mer houleuse les plus grands paquebots transatlantiques. C'est dans cette faiblesse de déplacement ainsi que dans l'impossibilité d'amener assez vite aux générateurs le charbon des soutes de surcharge et non point dans un défaut de construction des machines, qu'il faut chercher les causes des déboires que les Américains ont eus surtout lorsque le *Columbia* est revenu aux États-Unis après la revue navale de Kiel.

Nous avons toujours cru, et nous croyons encore que des bâti-

ments de 8000 *t* quelle que soit la vitesse réalisée aux essais en eau calme auront bien peu de chances par mer mauvaise, voire même houleuse, de forcer à la course les grands paquebots rapides d'un déplacement double ; et pour terminer ce sujet, nous répéterons ici pour la seconde fois ce que nous avons déjà dit dans le rapport officiel sur les Congrès de l'Exposition de Chicago : « Le déplacement se traduit toujours par de la puissance, que cette puissance soit militaire (artillerie ou cuirasse) ou que cette puissance sait mécanique (vitesse et charbon). »

Croiseurs.

Atlanta, Baltimore, Boston, Charleston, Chicago, Newark, Philadelphia et San-Francisco.

Description générale. — Tous ces bâtiments ont été lancés dans la période qui s'étend de 1885 à 1890. Le *Chicago* a été refondu en 1895.

Protection. — Ils déplacent tous plus de 4 000 *t* et sont protégés par des ponts en dos d'âne, dont l'épaisseur varie de 64 à 51 *mm*. A l'exception du *San-Francisco* et du *Philadelphia* ils sont peu cloisonnés.

Machines. — Les machines sont horizontales, soit compound, soit à triple expansion. Ils ont deux hélices.

Armement. — L'artillerie est composée de pièces de 127 *mm*, 152 *mm* et 203 *mm*.

Ces navires diffèrent beaucoup entre eux comme coques et dispositions d'artillerie : l'*Atlanta*, le *Boston* et le *Charleston* sont bas sur l'eau. Ils sont chacun armés de deux pièces de 203 *mm* à l'avant et à l'arrière, et de six pièces de 152 *mm* dans la superstructure centrale. Sur l'*Atlanta* et le *Boston*, les pièces de 203 *mm* sont en échelon, gauche-avant et droite-arrière, disposition étonnante, dont l'effet est de ne donner en chasse et en retraite directes, qu'une pièce de 203 *mm* et une pièce de 152 *mm*.

Sur le *Charleston*, au contraire, les pièces de 203 *mm*, à l'avant et à l'arrière, sont dans l'axe, ce qui donne, en chasse directe et en retraite directe, un 203 *mm* et deux 152 *mm*.

Tous les autres navires sont très hauts sur l'eau, surtout à l'avant et à l'arrière, et paraissent être de très bons navires de mer.

Le *Baltimore* est armé de quatre canons de 203 *mm*, deux sur

la poupe et deux sur la dunette, et de six de 152 *mm* placés dans des encorbellements sur le pont supérieur. Le navire peut tirer: en chasse directe et en retraite directe :

2 pièces de 203 *mm*
2 — de 152 *mm*

par le travers :

2 pièces de 203 *mm*
3 — de 152 *mm*

Le *Chicago*, primitivement armé de quatre pièces de 203 *mm*, huit de 152 *mm* et deux de 127 *mm*, porte aujourd'hui quatorze pièces de 127 *mm* à tir rapide : quatre montées dans des encorbellements sur le pont supérieur peuvent tirer dans l'axe du navire et par le travers; les dix autres, dont quatre en sabords d'angles,sont d ans la batterie.

Le navire peut donc tirer ainsi en chasse directe et en retraite directe :

4 pièces de 127 *mm*

par le travers :

7 pièces de 127 *mm*

Le *Newark*, armé de douze pièces de 152 *mm*, porte toute son artillerie sur le pont supérieur, dans des encorbellements. Il peut faire feu :
en chasse directe et en retraite directe avec 4 pièces
par le travers avec 6 pièces.

Le *Philadelphia* et le *San-Francisco* sont, eux aussi, armés de douze pièces de 152 *mm* : deux sur la poupe, deux sur la dunette et huit dans des encorbellements sur le pont supérieur.

Ils peuvent disposer en chasse directe et en retraite directe de 4 pièces ; par le travers, de 6 pièces.

Les autres navires non cuirassés de la flotte américaine ont une valeur trop faible pour justifier une description détaillée. Il suffit de donner leurs caractéristiques principales dans les tableaux annexés.

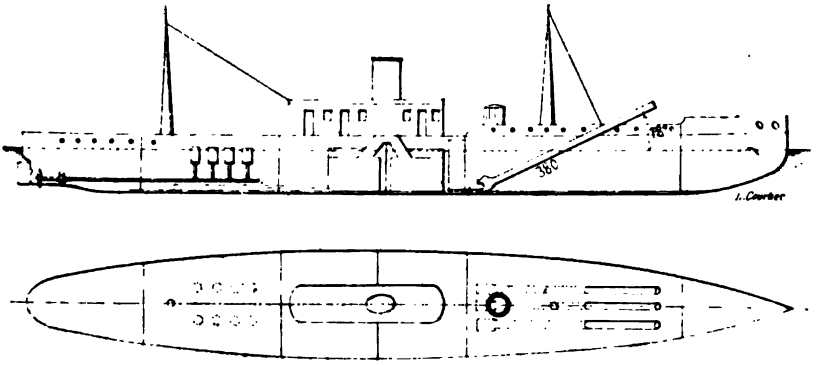
Torpilleurs américains.

Sur les torpilleurs américains, il n'y a rien de bien spécial à dire : seul le *Vesuvius* mérite une mention et une description spéciales.

Ce bâtiment est, en effet, armé de torpilles aériennes, c'est-à-dire qu'il est destiné à détruire ses adversaires en leur envoyant, avec une faible vitesse initiale, à l'aide de canons pneumatiques, de véritables mines ou torpilles constituées par des obus à très minces parois et agissant, non point par force vive, mais bien par l'explosion d'une masse considérable d'explosif puissant.

Description générale. — Le *Vesuvius* a été construit chez Cramp à Philadelphie et lancé le 28 avril 1888.

Il est assez bas sur l'eau et a l'apparence d'un grand torpilleur. L'avant et l'arrière sont droits. Il n'a que deux petits mâts de signaux et une seule cheminée autour de laquelle règne une légère superstructure.



Vesuvius.

Dimensions. — Les dimensions principales sont :

Longueur	76,95 *m*
Largeur	8,08
Tirant d'eau moyen	2,50
— arrière	2,74
Déplacement correspondant.	823 *t* (1).

Protection. — Ce navire n'a aucune protection si ce n'est que le blockhaus du commandant est légèrement blindé.

Machines et chaudières. — Deux machines à pilon à triple expansion et à cylindres actionnent chacune une hélice. La course des pistons est de 0,510 *m*; les diamètres respectifs sont 0,540 *m*, 0,790 *m*, 0,860 *m*, 0,860 *m*. La distribution est du système Marshall.

La vapeur est fournie par quatre chaudières locomotives de 2,743 *m* de diamètre et 5,94 *m* de long et qui ont ensemble une

(1). Ce chiffre ne paraît pas certain.

surface de grille de 18,58 m^2. Chaque chaudière est dans un compartiment séparé où un ventilateur séparé refoule l'air suivant le système dit en vase clos.

Aux essais du 12 janvier 1889, avec une pression de 11,25 *kg* et avec 278,8 tours à la minute, on a obtenu 4 366 *ch* et une vitesse moyenne de 21,65 nœuds.

Approvisionnement de charbon. — L'approvisionnement de charbon doit être d'environ 150 *t*.

Armement. — L'armement principal comprend : 3 canons pneumatiques de 380 *mm* de diamètre et de 16,460 *m* de long. Ces engins, véritables sarbacanes, sont constitués d'un morceau en fonte et n'ont point de rayures. Les obus ou torpilles aériennes, ont 2,130 *m* de long et sont construits en laiton; ils pèsent 680 *kg* dont 272 *kg* de dynamite-gomme ou gélatine; ils portent des ailettes destinées à leur imprimer un mouvement rotatif une fois lancés. Avec ces projectiles, la portée paraît être de 1 600 *m*. Pour tirer plus loin on peut se servir d'obus plus légers mais moins puissants. Quel que soit le projectile employé, la distance de tir se règle forcément à l'aide de variations dans la pression de l'air de propulsion, ce qui est également très incommode. Ces trois canons inclinés à 18° au-dessus de l'horizontale et vers l'avant, sont fixes et parallèles à l'axe longitudinal du bâtiment; on les pointe donc par l'action du gouvernail.

L'air comprimé nécessaire au lancement est dans des tubes en fer forgé de longueurs variables mais ayant tous 400 *mm* de diamètre. L'air y est comprimé à 141 *atm*; pour le lancement, la pression est réduite à 70 *kg*. Derrière chaque canon est un revolver de chargement contenant cinq coups; chaque canon a, en outre, une réserve de cinq autres coups, ce qui fait que le *Vesuvius* peut lancer en tout trente torpilles aériennes.

L'armement secondaire destiné à la défense contre les torpilleurs comprend cinq petites pièces à tir rapide et deux mitrailleuses.

Équipage. — L'équipage est de 80 hommes.

Remarques. — Les essais de tir du *Vesuvius* ne paraissent pas avoir réalisé toutes les espérances que l'on avait fondées : la difficulté de connaître exactement la distance et de régler convenablement la pression de l'air de propulsion rendait le tir peu précis. On avait même parlé de supprimer complètement les canons à dynamite et de les remplacer par des appareils de lancement pour des torpilles Whitehead.

Un défaut capital du *Vesuvius* est le manque d'une traverse blindée à l'avant : puisque le bâtiment est condamné à combattre en pointe, il aurait été logique de renforcer cet avant à l'aide d'un cofferdam et, à l'aide d'une cloison verticale blindée, de protéger tout le bâtiment contre la petite artillerie à tir rapide. La légère augmentation de déplacement et de prix de revient eût été largement justifiée par un énorme accroissement de puissance militaire. D'ailleurs, cette traverse blindée, légère à l'avant, devrait exister sur tous les torpilleurs qui, par la nature même de leur armement, sont obligés de foncer sur l'adversaire qu'ils cherchent à détruire.

Le principe même du *Vesuvius* est très discutable : sans doute, une seule de ses torpilles aériennes peut détruire partiellement ou en totalité un grand navire; mais, étant donnée la difficulté qu'il y a sur mer à régler le tir de projectiles animés d'une faible vitesse initiale contre un but dont la distance varie à chaque instant, il est probable que le *Vesuvius* serait facilement détruit par la petite artillerie à tir rapide et à grande vitesse initiale.

En un mot, il paraît certain qu'un combat entre le *Vesuvius* et un autre bâtiment de même tonnage à bord duquel le poids rendu disponible par la suppression des canons pneumatiques serait consacré à un certain nombre de canons de 75 ou de 100 *mm* à tir rapide, se terminerait le plus souvent à l'avantage de ce dernier.

Enfin, il n'est pas prouvé que le lancement d'obus à grande capacité d'explosif doive nécessairement s'effectuer à l'aide de canons pneumatiques dont les inconvénients sont multiples : leur énorme longueur force à les installer fixes dans l'axe du bâtiment à moins qu'ils ne soient placés à bord d'un très grand navire et, par conséquent, à pointer avec le navire lui-même; très longs et très minces ils offrent à l'ennemi une cible facile à toucher et à détruire.

On peut donc penser qu'à l'avenir les obus à grande capacité devront être lancés à l'aide d'obusiers ou de canons spéciaux leur imprimant une vitesse initiale et une force vive non point comparables à celles que donnent les pièces actuelles mais cependant suffisantes pour obtenir une certaine pénétration et une trajectoire suffisamment tendue.

On aura ainsi des engins possédant une énorme puissance destructive, mais dont le tir aux grandes distances sera certainement beaucoup moins précis que celui des pièces modernes.

NOMS	LIEU de CONSTRUCTION	DATE du lancement	Matériaux	DIMENSIONS					PROTECTION			
				Longueur	Largeur	TIRANT D'EAU		Déplacement correspondant	aux CÔTÉS	Barbette	Carapace	PONT
						moyen	arrière					
				m	*m*	*m*	*m*	*t*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
Navires de combat en haute mer.												
Infanta Maria Teresa (1) . .	Bilbao.	1890	Acier.	110,95	19,86	6,55	6,75	7 000	305	250	100	75
Almirante Oquendo. . .		1891								200		50
Vizcaya		1891										
Princesa de Asturias. . . .		1896										
Emperador Carlos V	Cadix.	1895	Acier.	123,36	20,42	7,78	8 »	9 335	50	254	104	50
										200		150
Cristobal Colon.	Gênes.	1896	Acier.	100 » (entre pp.)	18,50	7,10	7,30	7 000	150	120	120	30
Navires de combat en haute mer.												
Pelayo.	La Seyne.	1888-98	Acier.	105,60	20,20	(?)	7,55	9 950	450	400	100 (?)	90
									300	200		
Navires de combat en haute mer.												
Vitoria	Thames Iron Works	1865	Fer.	96,47	17,34	7,60	8,60	7 250	140	»	»	
	La Seyne.	1897-98							110			
Numancia. . .	La Seyne.	1863	Fer.	96 »	17 »	7,70	8,60	7 300	140	»	»	
		1897							110			
Cro												
Alfonso XIII. .	Ferrol.	1891	Acier.	98 »	15 »	6,10	6,10	4 800	»	»	»	10
Lepanto. . . .	Carthagène.	1892										

(1) Le *Cardinal Cisneros* et le *Cataluna* qui font partie de cette classe sont en achèvement.
(2) Essais officiels de l'*Infanta Maria Teresa* du 18 septembre 1893.
(3) — — 14 octobre 1893.
(4) La petite artillerie à tir rapide a dû être modifiée.

POSTE du bâtiment	MACHINES — TYPE	HÉLICES	TIRAGE NATUREL — Force	TIRAGE NATUREL — Vitesse	TIRAGE FORCÉ — Force	TIRAGE FORCÉ — Vitesse	APPROVISIONNEMENT de CHARBON — normal	APPROVISIONNEMENT de CHARBON — maximum	ARMEMENT	TUBES LANCE-TORPILLES	ÉQUIPAGES
mm			*ch*	nœuds	*ch*	nœuds	*t*	*t*			hommes
à grande vitesse et à armement léger.											
305 (100 ?)	2 à triple expansion.	2	9 499 (2)	18,5	13 722 (3)	20,24	450	1 015	II, 280 *mm* Hontoria. - X, 140 *mm* Hontoria (t. r.?). - VIII, 57 *mm* Nordenfelt t. r. - VIII. 37 *mm* Hotchkiss, t. r.	8	500
254	2 à quadruple expansion.	2	15 000	19 »	18 000	20 »	900 (?)	1 770	II, 280 *mm* Hontoria. - X, 140 *mm* Hontoria t. r. - IV, 100 *mm* Hontoria, t. r. - II, 70 *mm* t. r. - IV, Nordenfeldt 57 *mm* t. r. - VIII, 37 t. r.	6	550 ou 600(?)
120 ?	2 à triple expansion.	2	14 000	19,6	(?)	(?)	600	1 200	II, 254 *mm* Armstrong. - X, 152 *mm* Arms'rong t. r. - VI, 120 *mm*. - X, 57 *mm* t. r. - X, 47 *mm* t. r.	5	450
à moyenne vitesse et armement puissant.											
100	2 compound à pilon.	2	8 000	16,7	(?)	(?)	800	1 000	II, 320 *mm* Hontoria. - II, 280 *mm* Hontoria. - XII, 120 *mm* (ont dû être remplacés par XI, 140 *mm* Canet-Schneider t. r. - XI, environ petit calibre t. r.)	7	600
à faible vitesse et armement léger.											
?	1 à basse press. système Penn.	1	»	»	4 000	11 »	800 (?)	»	VI, 160 *mm* Hontoria - VIII. 140 *mm* t. r. Schneider-Canet. - VI, 57 *mm* t. r. Nordenfeldt. - VI, 37 *mm* t. r. Maxim.	2	550 à 600
?	(?)	1	»	»	3 700	10 »	800 (?)	»	L'armement de la *Numancia* est actuellement en transformation.	2	550 à 600
seurs.											
?	2 verticales.	2	7 000	18 »	11 000	20 »	600	1 100	IV, 203 *mm*. - VI, 120 *mm*. - VI, 57 *mm* t. r. - VI, 37 *mm* t. r. (4).	5	400

NOMS	LIEU de CONSTRUCTION	DATE du lancement	Matériaux	DIMENSIONS					PROTECTION			
				Longueur	Largeur	TIRANT D'EAU (1) moyen	TIRANT D'EAU (1) arrière	Déplacement correspondant	aux CÔTÉS	Barbette	Carapace	PONT
				m	m	m	m	t	mm	mm	mm	mm
Navires non cuirassés sans grande valeur												
Alfonso XII . .	Ferrol.	1887	Fer.	85	13	»	6,10	3 090	»	»	»	»
Aragon	Carthagène.	1879	Bois.	75	14	»	7,30	3 342	»	»	»	»
Castilla	Cadix.	1881	Bois.	75	14	»	7,80	3 342	»	»	»	»
Navarra. . . .	Ferrol.	1881	Bois.	75	14	»	7,30	3 342	»	»	»	»
Reina Cristina.	Ferrol.	1886	Fer.	85	13	»	6,10	3 090	»	»	»	»
Reina Mercedes.	Carthagène.	1887	Fer.	85	13	»	6,10	3 090	»	»	»	»
Conde del Venadito.	Carthagène.	1888	Fer.	64	10	»	4,30	1 152	»	»	»	»
Don Antonio de Ulloa	Cadix.	1887	Fer.	64	10	»	4,30	1 152	»	»	»	»
Don Juan de Austria . . .	Carthagène.	1887	Fer.	64	10	»	4,30	1 152	»	»	»	»
Marques de la Ensenada . .	Carraca.	1890	Acier.	59	9	»	3,80	1 046	»	»	»	62
Infanta Isabel.	Cadix.	1885	Fer.	64	10	»	4,30	1 152	»	»	»	»
Isabel II. . . .	Ferrol.	1886	Fer.	64	10	»	4,30	1 152	»	»	»	»
Isla de Cuba. .	Elswick.	1886	Acier.	59	9	»	3,80	1 046	»	»	»	62
Isla de Luzon .	Elswick.	1886	Acier.	59	9	»	3,80	1 046	»	»	»	62
Jorge Juan . .	La Seyne.	1876	Bois.	62	9	»	4,75	935	»	»	»	»
Velasco	Blackwall.	1881	Fer.	64	10	»	4,19	1 152	»	»	»	»

(1) Indications tirées de l'*Aide-mémoire de l'officier de marine*, de MM. Durassier et Valentino.

GNE

…du …dant	TYPE	HÉLICES	MACHINES — TIRAGE NATUREL — Force	MACHINES — TIRAGE NATUREL — Vitesse	MACHINES — TIRAGE FORCÉ — Force	MACHINES — TIRAGE FORCÉ — Vitesse	APPROVISIONNEMENT de CHARBON — normal	APPROVISIONNEMENT de CHARBON — maximum	ARMEMENT	TUBES LANCE-TORPILLES	ÉQUIPAGES
…m			ch	nœuds	ch	nœuds	t	t			hommes
…ilitaire mais pouvant néanmoins servir (1).											
»	»	1	»	»	4 400	15,50	»	700	VI, 160 *mm* Hontoria n° 1. - XI, 70 *mm*. - VII, 55 *mm* et 42 *mm* t. r. - VI, c.-r. et m.	5	300
»	»	1	»	»	4 400	13 »	»	460	VI, 160 *mm* Hontoria. - II, 87 *mm* Krupp. - VI, 75 *mm*. c.-r. - IV, m.	2	386
»	»	1	»	»	4 400	14 »	»	460	IV, 150 *mm* Krupp. - II, 120 *mm* Krupp. - II, 87 *mm* Krupp. IV, 75 *mm* Krupp. - IV, c.-r.	2	350
»	»	1	»	»	4 400	12 »	»	460	II, 150 *mm* Armstrong. - II, 120 *mm* Armstrong. - II, 87 *mm* Armstrong. - IV, 75 *mm*. - IV, c.-r.	2	350
»	»	2	»	»	4 800	12 »	»	670	VI, 160 *mm* n° 1 Hontoria. - II, 70 *mm*. - VII, 57 *mm* et 42 t. r. - VI, c.-r. et m.	5	350
»	»	1	»	»	4 800	15 »	»	670	VI, 160 *mm* n° 1 Hontoria. - II, 70 *mm*. - VII, 57 *mm* et 42 t. r. - VI, c.-r. et m.	5	375
»	»	1	»	»	1 560	14 »	»	250	IV, 120 *mm* Hontoria. - II, petit calibre. - II, t. r. - IV, 37 *mm* c.-r. - II, m.	2	180
»	»	1	»	»	1 500	13 »	»	250	IV, 120 *mm* Hontoria. - II, petit calibre. - II, t. r. - IV, 37 *mm* c.-r. - II, m.	2	180
»	»	1	»	»	1 500	14 »	»	250	IV, 120 *mm* Hontoria. - II, petit calibre. - II, t. r. - IV, 37 *mm* c.-r. - II, m.	2	180
»	»	2	»	»	2 200	15 »	»	200	IV, 120 *mm* Hontoria. - III, t. r. - II, 37 *mm* c.-r. - I, m.	3	170
»	»	1	»	»	1 500	14 »	»	250	IV, 120 *mm* Hontoria. - II, petit calibre. - I, t. r. - IV, c.-r. 37 *mm*. - IV, m.	2	180
»	»	1	»	»	1 500	14 »	»	250	IV, 120 *mm* Hontoria. - II, petit calibre. - I, t. r. - IV, c.-r. 37 *mm*. - IV, m.	2	180
»	»	2	»	»	2 200	15 »	»	200	IV, 120 *mm* Hontoria. - IV, t. r. - II, 37 *mm* c.-r. - II, m.	3	160
»	»	2	»	»	2 200	15 »	»	200	IV, 120 *mm* Hontoria. - IV, t. r. - II, 37 *mm* c.-r. - II, m.	3	160
»	»	1	»	»	1 100	12,50	»	130	I, 160 *mm* Palliser. - II, petit calibre. - II, m.	»	156
»	»	1	»	»	1 600	13 »	»	210	III, 150 *mm* Armstrong. - II, petit calibre. - II, m.	»	147

NOMS	LIEU de CONSTRUCTION	DATE du lancement	MATÉRIAUX	DIMENSIONS				
				Longueur	Largeur	TIRANT D'EAU moyen	TIRANT D'EAU arrière	[illegible]
				m	m	m	m	
								Torpi
Destructor	Glasgow.	1886	Acier.	58,75	7,62	2,09	2,40	391
Audaz	Clydebank.	1897	Acier.	67 »	6,71	1,72	»	400
Furor	Clydebank.	1896	Acier.	67 »	6,71	1,67	»	380
Osado	Clydebank.	1897	Acier.	67 »	6,71	1,72	»	400
Pluton	Clydebank.	1897	Acier.	67 »	6,71	1,72	»	400
Proserpina	Clydebank.	1897	Acier.	67 »	6,71	1,72	»	400
Terror	Clydebank.	1896	Acier.	67 »	6,71	1,67	»	380
Ariete	Chiswick.	1886	Acier.	44,97	4,41	1,36	1,72	126
Rayo	Chiswick.	1887	Acier.	44,97	4,41	1,36	1,72	126
Azor	Poplar.	1887	Acier.	41,16	4,20	1,19	1,65	101
Halcón	Poplar.	1887	Acier.	41,16	4,20	1,19	1,65	101
Barcelo	Le Havre.	1886	Acier.	38,77	3,35	»	2,20	66
Bustamente	Le Havre.	1887	Acier.	38,77	3,35	»	2,20	66
Acevedo	Chiswick.	1886	Acier.	35,68	3,81	1,04	1,85	66
Ordonez	Chiswick.	1886	Acier.	35,68	3,81	1,04	1,85	66
Retamosa	Poplar.	1886	Acier.	35,68	3,81	1 »	1,85	70
Rigel	Brême.	1883	Acier.	32 »	3,80	1 »	2 »	57
Habona	Chiswick.	1886	Acier.	39 »	3,80	1,83	1,90	67
Ejercito	Kiel.	1887	Acier.	34 »	4,10	1 »	2 »	60
Orion	Gaarden.	1885	Acier.	36 »	4,80	1,05	2 »	88
Seza	Ferrol.	1885	Acier.	38 »	»	»	»	85
Aire	»	1881	Fer.	13 »	3 »	0,91	1 »	25
Castor	La Seyne.	1878	Fer.	25 »	3 »	0,68	0,90	23
Vedettes n°s 1, 2, 3	»	1892	Acier.	19 »	3 »	»	»	

NE

MACHINES				APPRO-VISIONNEMENT de CHARBON	ARMEMENT	Tubes lance-torpilles	ÉQUIPAGES
TYPE	Hélices	Force	Vitesse				
		ch	nœuds	*t*		.	hommes
irs.							
iple expansion	2	3 800	22,56	107,59	I, 90 *mm* Hontoria. - IV, 57 *mm* t. r. - II, m.	3	59
iple expansion	2	7 500	30 »	75 » 100 »	II, 80 *mm* t. r. - II, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* automatiques.	2	60
iple expansion	2	6 000	28,25	75 » 100 »	II, 80 *mm* t. r. Nordenfeld. - II, 57 *mm* t. r. - II, m.	2	»
iple expansion	2	7 500	30 »	75 » 100 »	II, 80 *mm* t. r. Nordenfeld. - II, 37 *mm* t. r. - II, m	2	»
iple expansion	2	7 500	30 »	75 » 100 »	II, 80 *mm* t. r. Nordenfeld. - II, 57 *mm* t. r. - II, m.	2	»
iple expansion	2	7 500	30 »	75 » 100 »	II, 80 *mm* t. r. Nordenfeld. - II, 57 *mm* t. r. - II, m.	2	»
iple expansion	2	6 000	29 »	75 » 100 »	II, 80 *mm* t. r. Nordenfeld. - II, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* automatiq.	2	60
Compound.	2	1 626	26,30	20,30	III, 42 *mm* Hontoria t. r.	2	27
Compound.	2	1 626	26,30	20,30	III, 42 *mm* Hontoria t. r.	2	27
ple expansion.	1	1 626	23,40	30,45	II, 42 *mm* t. r.	2	23
ple expansion.	1	1 626	23,04	30,45	II, 42 *mm* t. r.	2	23
Compound.	1	800	19,50	16,24	II, m.	3	18
Compound.	1	800	19,50	16,24	II, m.	3	18
Compound.	1	666	20,16	20,30	II, m.	2	18
Compound.	1	666	20,16	20,30	II, m.	2	18
Compound.	1	650	20,50	14,21	II, m.	2	18
»	1	700	18,60	13 »	I, m.	2	18
»	1	900	21 »	24 »	II, m.	2	16
»	1	1 000	25 »	10 »	II, m.	2	12
»	1	1 000	21,50	16 »	II, m.	2	18
»	1	»	14 »	»	II, m.	»	»
»	»	175	8 »	1 »	II, m.	»	»
»	1	265	19 »	2 »	I, m.	»	12
»	»	»	18,50	»	»	»	»

NOMS	LIEU de CONSTRUCTION	DATE du lancement	Matériaux	DIMENSIONS					PROTECTION			
				Longueur	Largeur	TIRANT D'EAU		Dép'acement correspondant	aux CÔTÉS	Barbette	Cuirasse	
						moyen	arrière					
				m	*m*	*m*	*m*	*t*	*mm*	*mm*	*mm*	
Navires de combat en haute mer												
New-York . . .	Philadelphie.	1891	Acier.	116 »	19,76	7,10	7,25	8 281	101	254 76	140	
Brooklyn . . .	Philadelphie.	1895	Acier.	122,07	19,56	7,31	7,80	9 375	76	203 101 76	140	
Olympia	San Francisco.	1892	Acier.	106,37	16,15	6,55	7 (?)	5 588	»	102 76	102	
Navires de combat en haute mer												
Indiana	Philadelphie.	1893	Acier.	106,07	21,10	7,29 7,30 7,29	8,15	10 409 10 419 10 404	457 203	432 203	380 152	
Massachusetts .	Philadelphie.											
Oregon	San Francisco.											
Iowa	Philadelphie.	1896	Acier.	110,12	21,87	7,32	7,90	11 522	355 101	355 203	355 140	
Texas	Norfolk.	1892	Acier.	91,85	19,76	6,85	7 (?)	6 400	300	305	305	
Navires de combat en haute mer												
Kearsage . . .	Newport News.	En achèvement.	Acier.	112,25	22 »	7,16	7,60	11 500 (1)	410 230	375	375 230	
Kentucky . . .	Newport News.											
Monitors												
Amphitrite . . .	Wilmington.	1893	Coque fer.	79,15	17 »	4,42	4,45	4 049	229 à 127	291	190	
Miantonomoh .	Chester.	1889	Coque fer.	79,15	17 »	4,42	4,57	4 049	178	»	291	

(1) Déplacement, force et vitesse prévus.

NIS

MACHINES — TYPE	HÉLICES	TIRAGE NATUREL — Force	TIRAGE NATUREL — Vitesse	TIRAGE FORCÉ — Force	TIRAGE FORCÉ — Vitesse	APPROVISIONNEMENT de CHARBON — normal	APPROVISIONNEMENT de CHARBON — maximum	ARMEMENT	TUBES LANCE-TORPILLES	ÉQUIPAGES
		ch	nœuds	*ch*	nœuds	*t*	*t*			hommes
rande vitesse et armement léger.										
4 verticales à triple expansion.	2	(?)	(?)	17 551,01	21	762	1 280	VI, 203 *mm.* - XII, 102 *mm* t. r. - VIII, 57 *mm* t. r. - IV, 37 *mm* t. r. - IV, m.	6	522
4 verticales à triple expansion.	2	(?)	(?)	18 769	21,9	»	1 676	VIII, 203 *mm.* - XII, 127 *mm* t. . - XII, 57 *mm* t. r. - IV, 37 *mm* t. r. - II, m. (?).	4	561
2 verticales à triple expansion.	2	(?)	18	17 552,7	21	406	1 320	IV, 203 *mm.* - X, 127 *mm* t. r. - XIV, 57 *mm* t. r. - VI, 37 *mm* t. r. - IV, m.	6	460
oyenne vitesse et armement puissant.										
2 à pilon à triple expansion.	2	8 000	15	9 738 10 403 11 111	15,55 16,20 16,79	406	1 200	IV, 330 *mm.* - VIII, 203 *mm.* - IV, 152 *mm.* - XX, 57 *mm* t. r. - IV, 37 *mm* t. r. - IV m.	7	450
2 à triple expansion.	2	9 000	16	12 105	17,09	635	1 800	IV, 305 *mm.* - VIII, 203 *mm.* - VI, 102 *mm.* - XX, 57 *mm.* - IV, 37 *mm.* - IV, m. - 1 pièce de campagne.	6	450(?)
2 à triple expansion.	2	5 800	15,5	8 500	17	365	730	II, 305 *mm.* - VI, 152 *mm.* - XII, 57 *mm.* - VIII, 37 *mm.*	4	400
ible vitesse et armement puissant.										
2 à triple expansion.	2	(?)	15 (1)	10 000 (1)	16 (1)	410	1 210	IV, 330 *mm.* - IV, 203 *mm.* XIV, 125 *mm* t. r. - XX, 57 *mm* t. r. - VI, 37 *mm* t. r. - IV, m.	4	520
s tourelles.										
2 compound inclinées.	2	(?)	(?)	1 600	10,5	254	254	IV, 254 *mm.* - II, 102 *mm* t. r. - II, 57 *mm* t. r. - II, 47 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, c.-r. 37 *mm.*	»	170
2 compound inclinées.	2	(?)	»	1 426	10,5	254	264	IV, 254 *mm.* - II, 57 *mm* t. r. - II, 47 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r.	»	150

ÉTAT

NOMS	LIEU de CONSTRUCTION	DATE du lancement	Matériaux	DIMENSIONS					PROTECTIO		
				Longueur	Largeur	TIRANT D'EAU		Déplacement correspondant	AUX CÔTÉS	Barbette	Carapace
						moyen	arrière				
				m	m	m	m	t	mm	mm	mm
Monitors *à d*											
Monadnock . .	Vallejo.	1895	Fer.	79,15	17 »	4,42	4,45	4 049	229 à 127	291	190
Monterey . . .	San Francisco.	1891	Acier.	78,05	17,93	4,52	4,67	4 145	330 à 152	av. 330 arr. 291	av. 203 arr. 190
Puritan	Chester.	1895	Fer.	88,27	18,33	5,49	5,54	6 150	356 à 152	356	203
Terror.	Philadelphie.	1895	Fer.	79,15	17 »	4,42	4,45	4 049	178	»	291
Katahdin . . .	Bath.	1893	Acier.	76,43	13,23	4,57	»	2 218	150 75	150	»
Croiseurs *a*											
Columbia . . .	Philadelphie.	1892	Acier.	125,57	17,68	6,87	7,25	7 500	»	»	»
Minneapolis . .	Philadelphie.	1893	Acier.	125,57	17,68	6,90	7,30	7 600	»	»	»
Baltimore . . .	Philadelphie.	1888	Acier.	99,82	14,78	6,25	7 »	4 674	»	»	»
Atlanta	Chester.	1884	Acier.	82,36	12,80	5,18	6,50	3 240	»	»	»
Chicago	Chester.	1885	Acier.	99,06	14,68	5,79	6,80	4 573	»	»	»

TIS

MACHINES						APPROVISIONNEMENT de CHARBON		ARMEMENT	TUBES LANCE-TORPILLES	ÉQUIPAGES
TYPE	HÉLICES	TIRAGE NATUREL		TIRAGE FORCÉ						
		Force	Vitesse	Force	Vitesse	normal	maximum			
		ch	nœuds	*ch*	nœuds	*t*	*t*			hommes
elles (suite).										
2 horizontales à triple expansion.	2	(?)	»	3 000	12	254	254	IV, 254 *mm.* - II, 102 *mm* t. r. - II, 57 *mm* t. r. - II, 47 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, c.-r. 37 *mm.*	»	170
2 verticales à triple expansion.	2	(?)	»	5 271	13,6	203	239,5	II, 304 *mm.* - II, 254 *mm.* VI, 57 *mm* t. r. - IV, 37 *mm.* - II, m.	»	190
2 compound horizontales.	2	(?)	»	3 700	12,4	406	416	IV, 304 *mm.* - VI, 102 *mm* t. r. - VI, 57 *mm* t. r. - II, c.-r. 37 *mm.* - IV, m.	»	230
2 compound inclinées.	2	(?)	»	1 600	10,5	254	254	IV, 254 *mm.* - II, 57 *mm* t. r. - II, 47 *mm* t. r. - II, c.-r. 37 *mm.* - II, m.	»	170
2 horizontales Marshall à triple expansion.	2	(?)	»	4 800	16,1	175	230	IV, 57 *mm* (un fort éperon acier d'une dizaine de tonnes constitue son principal moyen de combat.	»	98
ide vitesse.										
3 verticales à triple expansion.	3	(?)	20	18 795,91	22,3	762	1 600	I, 203 *mm.* - II, 152 *mm.* VIII, 102 *mm* t. r. - XII, 57 *mm* t. r. - IV, 37 *mm* t. r. - IV, m.	5	450
3 verticales à triple expansion.	3	(?)	20	20 862	23,07	762	1 600	I, 203 mm. - II, 152 *mm.* - VIII, 102 *mm* t. r. - XII, 57 *mm* t. r. - IV, 37 *mm* t. r. - IV, m.	5	450
s.										
Horizontales.	2	»	»	10 200	20	406	»	IV, 203 *mm.* - VI, 152 *mm.*	4	335
»	1	»	»	4 086	16,5	»	»	II, 203 *mm* c. - VI, 152 *mm* c. - II, 57 *mm* t. r. - II, 47 *mm* t. r. - IV, 37 *mm* t. r. - VI, m. ou c.-r.	»	282
Horizontales.	2	»	»	8 800	18	»	»	XIV, 127 *mm* t. r.	»	400

ÉTAT

NOMS	LIEU de CONSTRUCTION	DATE du lancement	Matériaux	DIMENSIONS					PROTECTIO		
				Longueur	Largeur	TIRANT D'EAU moyen	TIRANT D'EAU arrière	Déplacement correspondant	aux CÔTÉS	Barbette	Cuirasse
				m	*m*	*m*	*m*	*t*	*mm*	*mm*	mm
											Croi
Boston	Chester.	1884	Acier.	82,36	12,80	5,18	6,50	3 240	»	»	»
Newark	Philadelphie.	1890	Acier.	94,49	14,99	5,71	6,80	4 150	»	»	»
Philadelphia . .	Philadelphie.	1889	Acier.	99,82	14,78	5,85	7 »	4 393	»	»	»
San Francisco .	San Francisco.	1889	Acier.	94,49	14,99	5,71	6,80	4 150	»	»	
Charleston . . .	San Francisco.	1888	Acier.	95,10	14,02	5,87	6,80	4 105	»	»	
Cincinnati . . .	Brooklyn.	1892	Acier.	91,44	12,80	5,49	5,80	3 243	»	»	
Raleigh	Norfolk.	1892	Acier.	91,44	12,80	5,49	5,80	3 243	»	»	»
Détroit	Baltimore.	1892	Acier.	78,33	11,28	4,42	4,45	2 032	»	»	
Marblehead . .	Boston.	1892	Acier.	71,33	11,28	4,42	4,45	2 032	»	»	
Montgomery . .	Baltimore.	1892	Acier.	71,33	11,28	4,42	4,45	2 032	»	»	»
											Navires non cuirassés sans grande
Dolphin	Chester.	1884	Acier.	73 »	10 »	4,34	5,26	1 485	»	»	»
Bennington . .	Chester.	1890	Acier.	70 »	11 »	4,27	5,30	1 700	»	»	
Concord	Chester.	1890	Acier.	70 »	11 »	4,27	5,30	1 700	»	»	
Petrel	Baltimore.	1888	Composite	53 »	9,50	3,53	4 »	890	»	»	»

(1) Indications tirées de l'*Aide-mémoire de l'officier de marine*, de MM. Durassier et Valentin.

NIS

MACHINES						APPROVISIONNEMENT de CHARBON		ARMEMENT	TUBES LANCE-TORPILLES	ÉQUIPAGES
TYPE	HÉLICES	TIRAGE NATUREL		TIRAGE FORCÉ						
		Force	Vitesse	Force	Vitesse	normal	maximum			
		ch	nœuds	*ch*	nœuds	*t*	*t*			hommes
site).										
»	1	»	»	4 086	14,9	»	»	II, 203 *mm* c. – VI, 152 *mm* c. – II, 57 *mm* t. r. – II, 47 *mm* t. r. – IV, 37 *mm* t. r. – VI, m. ou c.-r.	»	282
Horizontales.	2	»	»	8 990	19	406	»	XII, 152 *mm*.	6	335
Horizontales.	2	»	»	10 500	19,68	406	»	XII, 152 *mm*.	4	396
Horizontales.	2	»	»	10 540	20,17	355	»	XII, 152 *mm*.	4	386
Horizontales.	2	»	»	6 760	18,20	334	»	II, 203 *mm*. – VI 152 *mm*.	4	304
Verticales.	2	»	»	10 140	19	355	»	I, 152 *mm*. – X, 127 *mm*. VIII, 57 *mm*. – I, 37 *mm*. II, m.	4	312
Verticales.	2	»	»	10 140	19	355	»	I, 152 *mm*. – X, 127 *mm*. VIII, 57 *mm*. – I, 37 *mm*. – II, m.	4	312
»	2	»	»	5 474	17	203	»	II, 152 *mm*. – IV, 104 *mm*. – VI, 57 *mm*. – II, 37 *mm*. – II, m. (?).	3	274
»	2	»	»	5 474	17	203	»	II, 152 *mm*. – IV, 104 *mm*. – VI, 57 *mm*. – II, 37 *mm*. – II, m. (?).		274
»	2	»	»	5 474	17	203	»	I, 152 *mm*. – IV, 104 *mm*. – VI, 57 *mm*. – II, 37 *mm*. – II, m. (?).	3	274
litaire mais pouvant néanmoins servir (1).										
»	1	»	»	2 240	15,5	»	310	II, 152 *mm*. – II, 57 *mm*. – II, 47 *mm*. – II, m.	»	110
Horizontales.	2	»	»	3 400	17	203	400	VI, 152 *mm* c. – VI, 57, 47, 37 *mm* t. r. – II, m.	6	185
Horizontales.	2	»	»	3 400	17	203	400	VI, 152 *mm* c. – VI, 57, 47, 37 *mm* t. r. – II, m.	6	185
Horizontales.	2	»	»	1 500	14	102	200	IV, 152 *mm*. – IV, t. r. – II, c.-r. – I, m.	»	130

NOMS	LIEU de CONSTRUCTION	DATE du lancement	Matériaux	DIMENSIONS					PROTECTION			
				Longueur	Largeur	TIRANT D'EAU		Déplacement correspondant	aux CÔTÉS	Barbette	Carapace	P
						moyen	arrière					
				m	m	m	m	t	mm	mm	mm	m
Navires non cuirassés sans grande valeur militai												
Yorktown . . .	Philadelphie.	1888	Acier.	70 »	11 »	4,27	4,57	1 700	»	»	»	
Castine	Bath.	1892-94	Acier.	62 »	10 »	3,66	3,80	1 220	»	»	»	
Machias. . . .	Bath.	1891-94	Acier.	62 »	10 »	3,66	3,80	1 220	»	»	»	
Helena	Newport News.	1896	Acier.	76 »	12 »	»	3,60	1 390	»	»	»	
Nashville . . .	Newport News.	1895	Acier.	70 »	12 »	»	3,60	1 370	»	»	»	
Wilmington . .	Newport News.	1895	Acier.	76 »	12 »	»	3,60	1 390	»	»	»	
Annapolis . . .	Elizabeth.	1896	Acier.	62 »	11 »	»	3,80	1 000	»	»	»	
Marietta. . . .	San Francisco.	1897	Acier.	62 »	11 »	»	3,80	1 000	»	»	»	
Newport. . . .	Bath.	1896	Acier.	62 »	11 »	»	3,80	1 000	»	»	»	
Princeton . . .	Camden.	1897	Acier.	62 »	11 »	»	3,80	1 000	»	»	»	
Vicksburg . . .	Bath.	1896	Acier.	62 »	11 »	»	3,80	1 000	»	»	»	
Wheeling . . .	San Francisco.	1897	Acier.	62 »	11 »	»	3,80	1 000	»	»	»	

(1) Indications tirées de l'*Aide-mémoire de l'officier de marine*, de MM. Durassier et Valentino.

JNIS

	MACHINES						APPROVISIONNEMENT de CHARBON		ARMEMENT	TUBES LANCE-TORPILLES	ÉQUIPAGES
	TYPE	HÉLICES	TIRAGE NATUREL		TIRAGE FORCÉ						
			Force	Vitesse	Force	Vitesse	normal	maximum			
			ch	nœuds	*ch*	nœuds	*t*	*t*			hommes
rais pouvant néanmoins servir (1) *(suite).*											
»	Horizontales.	2	»	»	3 578	16,6	203	400	VI, 152 *mm* c. - VI, t. r. l, m.	6	185
»	Verticales.	2	»	»	2 200	16 »	127	350	VIII, 102 *mm*. - IV, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II m.	1	168
»	Verticales.	2	»	»	1 800	15,4	127	350	VIII, 102 *mm*. - IV, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, m.	1	160
	»	2	»	»	1 800	15,4	»	380	VIII, 102 *mm* t. r. - IV, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, m.	1	170
	»	2	»	»	1 800	16 »	»	380	VIII, 102 *mm* t. r. - IV, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, m.	1	170
	»	2	»	»	1 800	15 »	»	380	VIII, 102 *mm* t. r. - IV, 57 *mm*, t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, m.	1	170
	»	1	»	»	1 300	13,5	»	338	VI, 102 *mm* t. r. - IV, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, m.	1	134
	»	2	»	»	1 080	12 »	»	350	VI, 102 *mm* t. r. - IV, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, m.	1	144
	»	1	»	»	800	12,2	»	338	VI, 102 *mm* t. r. - IV, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, m.	1	134
	»	1	»	»	800	12 »	»	338	VI, 102 *mm* t. r. - IV, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, m.	1	134
	»	1	»	»	800	12,6	»	338	VI, 102 *mm* t. r. - IV, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, m.	1	134
	»	2	»	»	1 080	12,5	»	350	VI, 102 *mm* t. r. - IV, 57 *mm* t. r. - II, 37 *mm* t. r. - II, m.	1	134

NOMS	LIEU de CONSTRUCTION	DATE du lancement	MATÉRIAUX	DIMENSIONS				
				Longueur	Largeur	TIRANT D'EAU		Déplacement correspondant
						moyen	arrière	
				m	m	m	m	t
								Torpil
Vesuvius	Philadelphie.	1888	Acier.	76,95	8,08	2,50	2,74	823
Cushing	Bristol R. I.	1890	Acier.	41,92	4,34	1,51	1,58	106,5
Ericsson	Dubuque.	1891	Acier.	45,74	4,72	1,44	1,49	121,9
Numéros 3, 4	Baltimore.	1895	Acier.	48,79	4,87	1,52	1,55	146 »
— *5*	Baltimore.	1895	Acier.	48,79	4,87	1,52	1,55	167.5
— *6, 7*	Bristol.	1895	Acier.	53,51	5,33	2,05	»	187.8
— *8*	Seattle.	1895	Acier.	51,84	5,18	1,67	1,70	187,7
— *9, 10*	Bath.	1896	Acier.	44,82	4,99	1,40	1,70	145.5
— *11*	San Francisco.	1896	Acier.	64,05	6,10	1,83	1,90	243.6
— *12, 13*	Portland.	1896	Acier.	44,51	4,42	1,57	1,60	112 »
— *14*	Bristol.	1896	Acier.	42,38	4,57	1,24	1,45	104.5
— *15, 16*	Bristol.	1896	Acier.	30,50	3,66	0,98	1,05	47 2
— *17, 18*	Philadelphie.	1896	Acier.	30,95	3,81	1,29	1,35	66 »
— *19*	Wilmington.	1897	Acier.	68,60	6,41	1,98	2,50	345 »
— *20*	Portland.	1897	Acier.	58,43	6,15	1,52	2,40	251.2
— *21*	Morris Heights.	1897	Acier.	62,52	5,56	1,83	2,40	238.5
Stiletto	Bristol.	1886	Bois.	28 »	3,40	1,10	1,10	31.3
2 torpilleurs-vedettes	»	1894	Acier.	19 »	2,70	»	»	15 »
2 torpilleurs-vedettes	»	1894	Acier.	15 »	2,70	»	»	12.1
Baker	»	1892	Acier.	12 »	3 »	»	4,50	75 »
Holland	New-York.	1897	Acier.	16 »	3 »	»	3 »	138 »
Plunger	Baltimore.	1897	Acier.	26 »	3,50	»	3,30	160 »

UNIS

MACHINES				APPROVISIONNEMENT de CHARBON	ARMEMENT	Tubes lance-torpilles	ÉQUIPAGE
TYPE	Hélices	Force	Vitesse				
		ch	nœuds	*t*			hommes
leurs.							
Triple expansion.	2	4 366	21,65	150 » (?)	III, pneumat. 380 *mm.* V. t. r.? - II. H.	»	80
Quadruple expansion.	2	1 750	22 »	39,6	III, 37 *mm* t. r.	3	23
Quadruple expansion.	2	1 800	24 »	35,5	IV, 37 *mm* t. r.	3	23
Quadruple expansion.	2	2 000	24,54	44,6	III, 37 *mm* t. r.	3	38
Quadruple expansion.	2	2 000	23,62	44,6	III, 37 *mm* t. r.	3	38
Quadruple expansion.	2	3 400	28,58	61 »	III, 37 *mm* t. r.	3	38
Quadruple expansion.	2	3 200	26 »	61 »	IV, 37 *mm* t. r.	3	38
Quadruple expansion.	2	4 200	30 »	32,5	IV, 37 *mm* t. r.	3	38
Quadruple expansion.	2	5 600	30 »	81,2	VI, 57 *mm.*	2	38
Quadruple expansion.	2	1 750	22,50	40,6	III, 37 *mm.*	3	»
Quadruple expansion.	2	1 750	22,50	28,4	III, 37 *mm.*	3	»
Quadruple expansion.	1	850	20 »	8,1	I, 37 *mm.*	2	»
Quadruple expansion.	1	850	20 »	15,3	I, 37 *mm.*	2	»
Quadruple expansion.	2	7 200	30 »	»	VII, 57 *mm.*	2	»
Quadruple expansion.	2	6 000	30 »	133 »	IV, 57 *mm.*	2	»
Quadruple expansion.	2	5 600	30 »	50,7	IV, 57 *mm.*	2	»
»	1	360	18 »	»	I, 37 *mm.*	2	»
»	1	»	18 »	»	I, 37 *mm.*	1	»
»	1	»	17 »	»	I, 37 *mm.*	1	»
»	2	»	»	»	»	2	»
»	2	1 000	8 »	»	»	1	»
»	2	1 800	8 »	»	»	2	»

ESPAGNE. — Tableau synoptique de l'artillerie.

DÉSIGNATION DES CANONS	POIDS du PROJECTILE	VITESSE INITIALE	$\frac{1}{2}\frac{P}{g}V^2$ à la bouche en tonnes-mètre	PAR MINUTE			
				POUR UN COMBAT COURT		POUR UN COMBAT PROLONGÉ	
				Poids de projectiles lancés	Tonnes-mètre	Poids de projectiles lancés	Tonnes-mètre
	kg	*m*		*kg*		*kg*	
320 *mm*, Hontoria (modèle 1883)	480	625	9543,75	60	1 192,97	60	1 192,97
280 *mm*, — —	380	620	7 435,06	54,28	1 062,15	54,28	1 062,15
250 *mm*, Armstrong	204	700 (?)	5 087,95	40,800	1 017,59	40,800	1 017,59
161 *mm*, Hontoria (modèle 1883)	59,1	618	1 148,90	59,1	1 148,90	59,1	1 148,90
141 *mm*, — —	34	620	665,24	34	665,24	34	665,24
120 *mm*, — —	24,1	606	450,48	24,1	450,48	24,1	450,48
100 *mm*, Garcia Lomas, tir rapide (?) (mod. 1896).	13,5	620	299,32	94,5	2 095,24	27	598,64
152 *mm*, Armstrong, tir rapide	44,5	600 (?)	815,41	222,5	4 077,05	89	1 630,82
140 *mm*, Schneider-Canet, tir rapide. . . .	40	700	997,64	200	4 988,20	80	1 995,28

ÉTATS-UNIS. — Tableau synoptique de l'artillerie.

DÉSIGNATION DES CANONS	POIDS du PROJECTILE	VITESSE INITIALE	$\frac{1}{2}\frac{P}{g}V^2$ à la bouche en tonnes-mètre	PAR MINUTE			
				POUR UN COMBAT COURT		POUR UN COMBAT PROLONGÉ	
				Poids de projectiles lancés	Tonnes-mètre	Poids de projectiles lancés	Tonnes-mètre
	kg	*m*		*kg*		*kg*	
330 *mm* (nouveau modèle), mark I	499	640	10403,47	62,375	1300,43	62,375	1300,43
305 *mm* — mark I (B. L. R.)	385,6	642	8089,55	55,085	1155,65	55,085	1155,65
203 *mm*, mark III (B. L. R.).	113,4	656	2483,92	28,35	620,98	28,35	620,98
152 *mm*, mark IV	45,4	610	859,87	45,4	859,87	45,4	859,87
127 *mm*, tir rapide.	32,7	775	999,69	228,9	6997,83	65,4	1999,38
102 *mm*, tir rapide.	15	610	284,09	105	1988,63	30	568,18

ERRATA

A LA

COMMUNICATION DE M. L. de CHASSELOUP-LAUBAT

SUR LES

DIFFÉRENTS MODES DE TIRAGE DANS LES NAVIRES

(*Bulletin* d'avril 1898).

Page 698, avant-dernière ligne. Au lieu de : 1896, lire 1897.

Tableau page 700 :

Colonne : *Vaporisation par heure.* — Supprimer la virgule et lire des milliers de litres en ajoutant, quand il y a lieu, le dernier zéro.

Colonne : *Vaporisation par kilogramme de charbon.* — Les quatre derniers chiffres de cette colonne représentent la vaporisation par livre anglaise de charbon ; il convient de les remplacer par les chiffres suivants : 8,91, 8,78, 9,00 et 9,10.

Dans les trois dernières colonnes donnant le vide, les trois premiers chiffres ont été exprimés en mètres malgré l'indication *mm* ; il faut donc lire : 29,8, 31,6, 40,0 pour la première colonne ; 129, 117, 138 pour la deuxième et 9,5, 9,5, 9,5 pour la troisième.

Tableau page 703 :

Température des gaz. — La température indiquée « ***Bismuth fondu, plomb non fondu*** », s'applique aux gaz dans la boîte à fumée pour les deux essais.

TRAITÉ PRATIQUE

DE LA

MACHINE LOCOMOTIVE

PAR

M. M. DEMOULIN

ANALYSE

PAR

M. A. MALLET

Je n'ai pas à introduire auprès de vous notre Collègue M. Demoulin; vous le connaissez tous par ses communications et ses mémoires dont un lui a valu, en 1893, une récompense de notre Société, j'ai à vous présenter le plus récent et, en même temps, le plus considérable de ses nombreux ouvrages sur les machines à vapeur et le matériel des chemins de fer, le *Traité pratique de la machine locomotive*, dont vous pouvez, d'un coup d'œil, apprécier tout au moins l'importance matérielle.

Cette présentation aurait dû être faite déjà depuis quelque temps et elle peut aujourd'hui paraître tardive, mais l'auteur tenait à ce que je servisse auprès de vous d'introducteur à son livre, alors qu'il eût pu disposer de bien des Collègues plus autorisés et des raisons d'ordre matériel m'ont empêché de donner plus tôt satisfaction à cette marque de confiance et de sympathie dont je tiens avant tout à le remercier ici.

On a commencé de bonne heure à écrire sur la locomotive et il est agréable de constater que si, dans d'autres pays, on lui avait antérieurement consacré des chapitres dans des traités sur les chemins de fer ou les machines à vapeur, et même des monographies, c'est en France qu'ont paru les premiers ouvrages se rapportant exclusivement à ce sujet; il suffira de citer, pour les premiers en date: le *Traité théorique et pratique de la locomotive* de G. de Pambour, paru en 1835, le *Guide du mécanicien*, de Fla-

chat et Petiet, en 1840, le *Manuel du constructeur de locomotives*, de Jullien, en 1842 et l'*Étude sur les locomotives*, de Félix Mathias, en 1844, tous ces auteurs, sauf le premier, ayant plus tard fait partie de notre Société.

Les ouvrages publiés dans les différentes contrées sur le sujet qui nous occupe sont extrêmement nombreux et de nature très diverse suivant le public auquel ils s'adressent. Colburn, dans son grand ouvrage, *Locomotive Engineering*, paru en 1864, distingue cinq catégories de lecteurs pour les livres sur la locomotive et émet au sujet de certaines de ces catégories des réflexions humoristiques. D'après lui, un Ingénieur distingué, qu'il ne nomme pas, d'ailleurs, prétendait que ses meilleurs conducteurs de machines étaient ceux qui ne savaient pas lire et il ajoutait que, d'autre part, des Ingénieurs de traction qui, eux, savaient lire, se vantaient de ne jamais ouvrir, par principe, un livre traitant de la locomotive. Tout cela est loin de nous et se passait, d'ailleurs, de l'autre côté de l'Atlantique.

A aucune époque, les ouvrages sur la locomotive n'ont été aussi nombreux qu'aujourd'hui et il est piquant de constater que c'est précisément au moment où on entend gravement annoncer que la locomotive à vapeur a fait son temps, qu'elle n'est plus à la hauteur des besoins du jour et qu'elle va très prochainement disparaître. Je ne me charge pas d'expliquer cette coïncidence, je me bornerais à bénir cette abondance de documents si elle pouvait contribuer à inspirer des idées plus exactes à ceux des détracteurs de la locomotive qui, on peut le dire sans jouer sur les mots, la méconnaissent simplement parce qu'ils ne la connaissent pas; on verrait alors peut-être moins d'énormités s'étaler à ce sujet dans bien des publications périodiques et même dans certains ouvrages.

Le livre de M. Demoulin commence par une introduction magistrale due à la plume autorisée de M. Ed. Sauvage, l'éminent Ingénieur et professeur à l'École des Mines. Dans cette introduction, M. Sauvage définit et apprécie d'une manière fort heureuse l'œuvre de notre Collègue en disant qu'elle rentre dans la catégorie des livres où le lecteur trouve ce qu'il cherche et qu'il aime à avoir sous la main dès qu'une difficulté surgit, par opposition aux trop nombreux ouvrages qui trompent son attente et que, dès lors, il laisse dormir sur les rayons des bibliothèques. Au sujet de l'utilité et de l'opportunité de cette publication, le savant professeur déclare qu'on peut entreprendre l'étude de la loco-

motive, telle qu'elle est aujourd'hui, sans craindre d'acquérir des connaissances qui n'auraient bientôt plus qu'un intérêt rétrospectif, montrant ainsi sa confiance dans une carrière encore longue de la locomotive actuelle et répondant par là aux idées inexactes qui tendent à se répandre aujourd'hui et auxquelles nous avons fait allusion précédemment.

A la suite de cette introduction vient un avant-propos dans lequel l'auteur expose le but et le plan de son livre. Il s'est proposé, dit-il, de réunir sous forme d'un traité général d'où les considérations purement théoriques ont été exclues, une description minutieuse de la locomotive moderne à voie normale et l'examen et la discussion des principes qui président à son étude et à sa construction.

Le *Traité pratique de la machine locomotive* comprend quatre volumes et trois parties.

La première partie est consacrée à l'examen des principaux types de locomotives.

La seconde traite de la combustion, de la vaporisation, de l'utilisation de la vapeur et du rendement, toutes choses qui constituent ce que D. K. Clark, dans son grand et classique ouvrage, *Railway Machinery*, appelle la *physiologie* de la locomotive.

La troisième partie étudie les proportions, mode de construction et dispositions d'ensemble et de détail des organes de la machine qui nous occupe, c'est ce que l'auteur que nous venons de citer appelle *l'anatomie* de la locomotive.

Nous allons passer successivement en revue ces trois parties, trop rapidement malheureusement, à cause des limites nécessairement restreintes d'un compte rendu de cette nature, en faisant à mesure et au besoin les observations que pourra nous suggérer cet examen.

Première partie. — Le chapitre premier a pour objet l'étude générale des différents types de locomotives, la classification de ces machines et des considérations générales sur leur appropriation aux divers services de l'exploitation des chemins de fer.

La classification des locomotives est une question très complexe parce que cette classification peut être faite à une infinité de points de vue. A l'origine, lorsque ces machines présentaient des dispositions sensiblement invariables, la différence consistait à peu près uniquement dans le nombre des roues, 4 ou 6. Plus tard, on a dû recourir à d'autres distinctions. Ainsi, le *Guide du*

Mécanicien de 1851 introduit la classification basée sur la nature du service et distingue les locomotives en machines à voyageurs, mixtes et à marchandises, termes dont deux au moins sont encore en usage et auxquels se sont ajoutés ceux de machines express, machines de montagnes, machines de banlieue, etc.; mais les premières désignations n'ont plus la signification spéciale et en rapport direct avec le nombre des essieux moteurs qu'elles avaient à l'origine. Les auteurs du *Guide* y ajoutaient la classification basée sur la disposition des cylindres et la classification basée sur le nombre des roues.

Aujourd'hui, les dispositions des machines varient à l'infini et on pourrait introduire un très grand nombre de distinctions. Ainsi, en dehors de celles déjà indiquées ou connues précédemment, comme machines tender ou à tender séparé, à adhérence totale ou partielle, à châssis extérieur ou intérieur, nous avons aujourd'hui les machines simples ou compound, le mot compound étant pris ici dans son sens le plus large de machines à détente en cylindres successifs; les machines à 2, 3 et 4 cylindres; les machines à avant-train mobile, bogie, bissel ou boîtes radiales; les machines articulées, etc.

En France, en dehors des distinctions basées sur la nature du service, on classe les machines sous le rapport du nombre d'essieux moteurs; ainsi, on a les machines à roues libres, à peu près disparues aujourd'hui chez nous, les machines à 2, 3 et 4 essieux accouplés. C'est celle à laquelle s'arrête M. Demoulin. Ces désignations étaient suffisantes tant que les machines, au moins celles des deux dernières classes, étaient à adhérence totale, mais depuis l'addition, à ces machines, d'essieux porteurs, elles ne donnent plus une idée exacte de la disposition générale des locomotives, même au point de vue du véhicule. Aussi, dans certains pays, on a cherché à faire plus. Aux États-Unis, on distingue les locomotives, au point de vue qui nous occupe, par des désignations provenant soit du nom des premières machines construites sur un type, par exemple *Consolidation*, *Mogul*, etc., soit du nombre même des essieux; ainsi Ten-wheelers (10 roues), Twelve-wheelers (12 roues), etc.; mais ces désignations n'indiquent rien si on n'est pas au courant de leur signification.

En Allemagne on fait beaucoup mieux et, bien que M. Demoulin ait laissé cette question de côté, nous croyons utile d'en dire quelques mots. On représente les types de locomotives par deux chiffres dont le premier est le nombre des essieux accouplés

et le second le nombre total d'essieux ; ainsi, machine 3/3 représente une machine à trois essieux accouplés et 3/4 la même machine avec un essieu porteur. De même 2/3, 2/4, 4/4 et 4/5. Nos machines articulées à deux groupes ou machines duplex, comme on les appelle quelquefois en Allemagne, sont représentées par 2 × 2/2 ou 2 × 3/3, selon qu'elles sont à 4 ou 6 essieux. Mais, comme ces indications ne portent que sur le nombre et non sur la disposition des essieux, on emploie quelquefois une méthode ingénieuse qui parait avoir été indiquée pour la première fois par Alphonse Petzholdt dans le chapitre XVII du tome III du grand ouvrage de Heusinger von Waldegg, *Handbuch für specielle Eisenbahn Technik* paru en 1875. Cet Ingénieur désignait chaque essieu par la première lettre du nom qu'il doit à sa nature, par exemple C pour couplé, M pour moteur, P pour porteur (1), et il plaçait ces lettres dans l'ordre des essieux, en commençant par la gauche, la cheminée de la machine étant supposée à droite. De plus, il mettait une barre au-dessus de la lettre représentant un essieu susceptible d'un déplacement oblique. Ainsi, C M C représente une machine à trois essieux accouplés avec l'essieu moteur au milieu, M P P une machine Crampton, C M $\bar{P}$ une machine à deux essieux accouplés et un essieu radial à l'avant, et C M $\bar{P}$ $\bar{P}$ une machine analogue, mais avec un bogie à l'avant. Cette méthode de désignation est extrêmement commode pour faire apprécier, dans des tableaux de dimensions, les dispositions générales des machines au point de vue du véhicule, et il serait à désirer de voir se généraliser son emploi ou celui de méthodes analogues.

M. Demoulin termine le premier chapitre en exposant les bases sur lesquelles il s'appuie pour faire ses classifications des locomotives; il étudie les divers types de ces machines en les classant par pays, méthode naturelle et favorable à la clarté et déclare s'attacher surtout à donner les types usuels constituant la pratique courante d'un pays plutôt que des types exceptionnels. Nous ne pouvons qu'approuver ce programme, tout en constatant qu'il est fort difficile à suivre au moins pour certains pays dont il n'est pas toujours aisé de connaitre à fond le matériel roulant et pour lesquels on n'a souvent que des renseignements fournis par des publications, lesquelles ont une tendance très expli-

(1) Les lettres que nous donnons ici sont les initiales des noms français; en allemand, ces lettres sont respectivement K (Kuppelachse), T (Triebachse) et L (Laufachse).

cable à donner de préférence les types exceptionnels qui présentent plus d'intérêt que les types courants.

Le chapitre II est réservé à l'examen des principaux types de locomotives usités en France. Ce chapitre débute par des considérations très développées sur la nature du service et les conditions de travail, charges et vitesse des trains et s'étend avec les détails convenables sur les caractères principaux des machines françaises, puis il passe à la description de ces types, en prenant pour base de sa classification le nombre d'essieux moteurs ou rendus tels par l'accouplement, passant ainsi en revue successivement les locomotives à roues indépendantes, à quatre, six et huit roues couplées; il y ajoute les machines-tenders pour service de banlieue et celles pour service de gare et de marchandises, ces catégories comprenant aussi bien les locomotives compound que les locomotives ordinaires. Nous ne nous étendrons pas sur ce chapitre qui est surtout descriptif par essence; il nous suffira de constater que cette partie est traitée de la manière la plus satisfaisante à tous les points de vue, l'auteur connaissant à fond son sujet et étant en situation d'être renseigné de première main.

Le chapitre III, conçu dans le même esprit que le précédent, a pour objet l'examen des principaux types de locomotives employés à l'étranger, soit dans la Grande-Bretagne, la Belgique, la Suisse, l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie, l'Italie, la Russie, diverses autres contrées de l'Europe et enfin les États-Unis. Cette partie est largement développée, au moins dans son ensemble. Pour chacune des contrées successivement considérée, l'auteur fait précéder la description des types de locomotives d'intéressantes considérations sur l'organisation des services de chemins de fer, la nature et l'importance du trafic, les conditions de service, etc. Cette partie est également fort bien traitée et représente une somme considérable de travail par la quantité de documents qu'il a fallu accumuler pour sa rédaction, mais on ne peut s'empêcher d'être frappé immédiatement de la disproportion qui existe dans les développements donnés respectivement aux différents pays, disproportion plus facile à expliquer par des considérations personnelles à l'auteur, qu'à justifier en fait. Ainsi la place réservée à la Grande-Bretagne n'occupe pas moins de 94 pages et ses types de locomotives sont illustrés par 66 figures. Les États-Unis ont pour leur part 80 pages et 46 figures. Je ne trouve certainement pas que ce soit trop, mais alors je suis

porté à considérer comme insuffisante l'attribution de 23 pages et 15 figures à l'Allemagne qui a eu un rôle incontestablement supérieur à celui des deux pays précédents dans les transformations qui se sont opérées depuis quinze ou vingt ans dans la construction des locomotives et de 5 pages et 5 figures à la Russie où le matériel de traction subit depuis quelques années des modifications d'un haut intérêt par suite de l'énorme développement donné aux voies ferrées dans cette contrée. Je n'appuierais pas sur cette insuffisance de développement si elle n'avait eu l'inconvénient tantôt d'omettre entièrement, tantôt de mentionner sans aucun détail, des types de locomotives dont l'intérêt est peut-être surtout dans leur groupement qui accuse (c'est de l'Allemagne que je parle) des tendances qu'il eût été d'autant plus utile de signaler qu'elles sont en opposition avec les idées actuellement en faveur en France sur le même point. Je reviendrai sur ce sujet plus loin. De même pour la Russie; les quelques machines mentionnées ne donnent point une idée complète du matériel de traction de ce pays et se rapportent en général à une situation antérieure au développement actuel. Il est aussi un point sur lequel je ne suis pas tout à fait d'accord avec M. Demoulin. D'après lui « les Ingénieurs russes ont toujours porté leurs regards sur la pratique des États-Unis ». Il est parfaitement vrai que les premières locomotives construites en Russie l'ont été par des Ingénieurs américains et sur des modèles empruntés aux États-Unis. Mais depuis lors la pratique européenne et on peut le dire française, a régné presque sans partage en Russie. Si, dans ces derniers temps, les constructeurs, ou, pour être plus exact, un constructeur américain a réussi à importer un nombre assez considérable de locomotives dans ce pays, c'est beaucoup moins pour la valeur propre de ces machines qu'à cause des délais très courts de livraison et quelquefois aussi des prix relativement faibles demandés par le fournisseur. Je pourrais citer à l'appui du rôle joué par les considérations de cet ordre des faits curieux, mais pour ne pas allonger ce compte rendu je me bornerai à renvoyer à un article publié page 298 du numéro du 22 avril dernier du *Railroad Gazette*.

J'ai cru devoir faire les observations qui précèdent, mais je m'empresse de reconnaître que le défaut signalé est une conséquence à peu près inévitable de l'importance et de la nature même de l'ouvrage dont les diverses parties ne peuvent évidemment être traitées aussi complètement les unes que les

autres par un seul auteur. C'est la grande difficulté pour les ouvrages de ce genre.

La première partie et le premier volume se terminent et se complètent par sept grands tableaux donnant les conditions d'établissement et les dimensions principales des divers types de locomotives décrits au courant de cette partie.

Deuxième partie. — Cette deuxième partie traite de la combustion, de la vaporisation, de l'utilisation de la vapeur et du rendement.

Le premier chapitre est consacré à l'étude de la combustion et de la vaporisation, ces deux phases de la transformation en vapeur du calorique contenu dans le combustible. L'auteur passe successivement en revue la théorie de la combustion dans les foyers de locomotives, les diverses dispositions telles que le foyer Ten Brink qui remonte à quarante ans et qui, comme on sait, est toujours en usage, les voûtes en briques, les foyers en matières réfractaires, dont le premier en date, le foyer Verderber a donné, en 1879, lieu à d'intéressantes discussions au sein de notre Société; il présente ensuite des considérations développées sur les combustibles, le chauffage au pétrole, etc. Vient ensuite l'étude de la chaudière, le rôle de la surface de chauffe, sa division en deux parties : surface directe et surface tubulaire, leurs productions respectives, l'influence du tirage sur la combustion, les essais divers faits sur les générateurs de locomotives, la production de vapeur par kilogramme de combustible, etc. Ce chapitre se termine par des conclusions intéressantes sur la capacité de production et l'utilisation économique de la chaudière locomotive qui offre cette particularité extrêmement remarquable, on ne saurait trop le rappeler, de n'avoir pas été modifiée dans son principe et sa disposition générale depuis sa première application à la locomotive présentée par George Stephenson au concours de Rainhill, il va y avoir soixante-dix ans.

Je n'ai pas cru utile de faire des matières contenues dans ce chapitre, très développé et parfaitement conçu et rédigé, autre chose qu'une simple et rapide nomenclature; ces matières sont, en effet, familières à beaucoup d'entre nous et ces questions ont été traitées si souvent devant notre Société que l'ensemble de nos Bulletins, on peut le dire sans aucune exagération, contient, séparés, il est vrai, tous les éléments d'un traité complet des chaudières à vapeur.

Le chapitre II a pour titre : Des pertes qui se produisent à l'intérieur des cylindres.

Sous cette étiquette trop modeste, ce chapitre est, en réalité, peut-être le plus important de l'ouvrage ; il contient, en effet, les améliorations les plus considérables qui aient été apportées depuis vingt ans à la locomotive.

Après avoir exposé les théories de la condensation initiale au cylindre, basées sur des faits que notre ancien Collègue Thomas, on ne doit jamais manquer une occasion de le rappeler ici, a l'honneur d'avoir mis en lumière le premier, et l'influence de cette condensation sur la dépense de vapeur, l'auteur expose les divers moyens employés pour en atténuer les effets ou améliorer, dans un autre ordre d'idées, le travail de la vapeur, l'enveloppe de vapeur, la surchauffe, les distributions perfectionnées et le mode compound et il décrit en détail les applications qui ont été faites de ces moyens. Ce sont les deux derniers qui présentent le plus d'intérêt, car ce sont ceux qui ont reçu jusqu'ici le plus de développement, bien qu'à des degrés très différents.

Pour le premier, nous trouvons la description des distributions perfectionnées en usage depuis quelques années, le tiroir Ricour, la distribution Bonnefond, la distribution Durant et Lencauchez, cette dernière décrite avec de grands développements par ses auteurs même devant notre Société.

Pour le système compound, après un historique rapide, M. Demoulin décrit les différentes manières dont il a été réalisé jusqu'ici, avec deux, trois et quatre cylindres, les appareils de démarrage qui ont une importance capitale pour la première de ces formes, mais qu'on voit cependant employés quelquefois pour les autres, les commandes de distributions, etc., il entre dans des considérations développées sur le calcul de l'effort de traction et passe en revue les diverses expériences faites sur les locomotives compound et les résultats qu'elles ont donnés.

Dans cette partie très développée et remarquablement traitée, nous n'avons guère à constater qu'une omission (1), c'est dans les machines à trois cylindres, encore peu nombreuses, celle de la machine Mogul du Jura-Simplon ; cette omission est regrettable en ce que cette machine semble annoncer une sorte de revanche

(1) Je reconnais qu'un courte description de cette machine, accompagnée d'un diagramme, est donnée dans le chapitre III de la première partie, mais c'est plutôt au point de vue de la disposition générale de la machine qui appartient au type *Mogul*, et il n'en est plus question dans la partie consacrée spécialement aux locomotives compound.

de la locomotive à trois cylindres car, avec les commandes en cours d'exécution, la Compagnie du Jura-Simplon n'aura pas, dans quelque temps, moins de 42 locomotives de ce modèle.

Quelle est la conclusion de M. Demoulin sur la question, qui a donné lieu à tant de controverses, de la locomotive compound? Pensant avec raison que l'auteur d'un ouvrage de ce genre doit imiter l'historien : *Scribitur ad narrandum non ad probandum,* notre Collègue, au lieu de formuler une conclusion, laisse à son lecteur le soin de la faire lui-même d'après les faits qu'il lui a exposés. Mais s'il ne dit pas son opinion, il la laisse un peu deviner. « On doit constater, dit-il page 157, que, malgré tout, si le système compound ne donne pas dans son application à la locomotive des résultats économiques aussi marqués qu'on serait porté à le croire d'après ce qu'on a relevé sur des machines d'un autre ordre, il constitue cependant encore le procédé le plus efficace pour diminuer la dépense de vapeur ; son emploi est à conseiller quand la question de consommation est prédominante et il présente d'ailleurs, en outre, dans son application à la locomotive, quelques avantages particuliers. »

Plus loin, l'auteur expose avec une très grande impartialité les avantages et les inconvénients du système compound appliqué à la locomotive et après avoir donné le pour et le contre, il ajoute, page 188, ce qui n'est que la constatation d'un fait matériel indéniable : « Aux yeux de beaucoup d'Ingénieurs, les avantages l'emportent sur les inconvénients et leur valeur relative augmentera à mesure que l'on sera amené à construire des locomotives plus puissantes ».

Je n'ai qu'une observation à faire relativement à la question des machines compound qui a été traitée d'une manière tout à fait remarquable par M. Demoulin et je tiens d'autant plus à la faire ici que le passage qui la motive exprime une opinion assez accréditée en France et due seulement à une connaissance imparfaite de ce qui se fait au dehors. M. Demoulin dit, page 235 : « De fait, le succès du mode compound ne s'est guère affirmé catégoriquement, à tous les points de vue, que sur les réseaux qui ont appliqué le système à quatre cylindres qui, en France, jouit d'une faveur à peu près exclusive ». Si l'auteur a eu en vue notre pays exclusivement, c'est exact, s'il a voulu parler d'une manière générale, c'est tout à fait autre chose. Je professe autant d'admiration que qui que ce soit pour les belles machines à quatre cylindres de nos grandes Compagnies et j'ai les meil-

leures raisons personnelles de ne pas être opposé aux machines à quatre cylindres en général, mais la vérité est que le système compound n'a pas attendu l'apparition de ces dispositions pour avoir le succès le plus complet. Il y a, à l'heure qu'il est, plus de 1 500 locomotives compound en Allemagne et au moins le même nombre en Russie, je ne pense pas qu'il y ait, dans chacun de ces deux pays, 200 locomotives à plus de deux cylindres. L'État prussien avait, en 1881, 2 locomotives compound; en 1890, 200; en 1896, environ 900 et actuellement 1 100 ou 1 200. Sur ce dernier nombre, on ne compterait guère plus de 50 locomotives à quatre cylindres. J'ajouterai, détail encore peu connu, qu'en ce moment même, trois grands établissements de construction français exécutent une commande considérable de locomotives compound à deux cylindres destinées à la Russie. Ce fait, rapproché de celui que j'ai mentionné plus haut relativement aux locomotives à trois cylindres du Jura-Simplon et de plusieurs autres que je n'ai ni le temps ni la place de rappeler, fait voir qu'il faut être bien peu au courant de la question pour affirmer, comme nous l'avons entendu faire tout récemment, que, depuis plusieurs années, on ne construit plus de locomotives compound à deux et trois cylindres.

Les chiffres que nous venons de citer au sujet des chemins de fer allemands montrent d'ailleurs que le passage suivant de l'ouvrage de M. Demoulin, tome I, page 278 : « L'emploi du système compound commence à se répandre en Allemagne », ne donne pas une idée suffisante de la situation actuelle dans ce pays.

Je ne puis quitter le sujet de la locomotive compound qui est tout à fait d'actualité ici ce soir, comme vous pourrez le constater tout à l'heure (1), sans féliciter M. Demoulin de n'avoir pas négligé de rappeler que l'abandon des locomotives compound en Angleterre, abandon au sujet duquel triomphent si bruyamment les adversaires de ce système, n'est peut-être dû qu'à l'emploi, sur ces locomotives, d'appareils de démarrage automatiques condamnés aujourd'hui à peu près partout, comme on sait. Ces machines démarraient dès lors lentement et difficilement, ce qui amenait, au départ, des pertes de temps très préjudiciables pour les trains rapides. Cet échec ne touche donc

(1) Cette analyse a été donnée dans la séance du 20 mai 1898 dans laquelle a été présentée la communication de M. A. Lencauchez sur *l'utilisation de la vapeur*, communication où il a été beaucoup question de la locomotive Compound.

qu'assez indirectement le système compound. Ailleurs, les choses se sont passées très différemment et je demande la permission de citer le passage suivant d'une lettre qui vient de m'être adressée par M. de Borries, l'un des membres de la Direction de Hanovre des Chemins de fer de l'État Prussien et l'auteur, comme on sait, du premier démarrage automatique. « Depuis plusieurs années, toutes nos machines express et la plupart des machines pour trains mixtes et de marchandises, sont établies dans le système compound (à deux cylindres) et avec différents appareils de démarrage. Mais, à proprement parler, toutes ces machines appartiennent à votre système, en ce qu'elles peuvent fonctionner comme machines compound ou comme machines ordinaires, à la volonté du mécanicien ». On voudra bien me pardonner cette citation que j'ai cru devoir faire parce qu'elle jette une lumière très vive sur la question, qu'elle rend justice à un système français et qu'elle fait honneur à l'auteur de la lettre dont elle fait voir la grande loyauté et la parfaite impartialité.

Le chapitre III traite du rendement et de l'effet utile des locomotives. Il passe en revue les diverses manières dont on peut évaluer le rendement, c'est-à-dire comme machine à vapeur, comme appareil remorqueur ou aux deux points de vue réunis, le travail indiqué, le travail à la jante des roues, les différentes expériences faites sur ces questions, la mesure de l'utilisation à divers points de vue. On trouve dans ce chapitre, très substantiel, des considérations du plus haut intérêt sur la valeur économique de la locomotive exprimée par le chiffre de la dépense correspondant à l'unité de travail, dépense constatée dans diverses expériences faites tant en France qu'à l'étranger. Ce chiffre s'abaisse, dans les meilleures conditions, aux environs de 1 *kg* pour le combustible et atteint rarement 1,5 *kg*. Ces valeurs si réduites sont de nature à causer quelque surprise aux personnes accoutumées à entendre dire que la locomotive est une machine peu économique, dépensant 3 *kg* par cheval, etc. Nous trouvons également développées, dans cette partie, des considérations sur les limites de travail et de vitesse des locomotives, question que notre ancien Président, M. du Bousquet, exposait d'une manière si magistrale dans son discours d'inauguration, le 5 janvier 1894.

Le poids par cheval indiqué descend quelquefois même au-dessous de 50 *kg*; M. Demoulin cite les chiffres de 41,5 *kg* réalisés sur des locomotives du Caledonian Railway et de 42,1 *kg* obtenu

au P.-L.-M. Nous ne pouvons que nous associer à la conclusion formulée à la fin de ce chapitre : « La locomotive, cet admirable outil, parfois méconnu, n'a jamais manqué de répondre aux exigences toujours croissantes du service et a su se développer sans cesse au gré des besoins ».

Troisième partie. — La troisième partie a pour titre général : Proportions, mode de construction et dispositions d'ensemble et de détail des organes de la locomotive.

La méthode de l'auteur consiste à diviser ces organes en trois parties : la chaudière, le mécanisme et le véhicule, et à examiner successivement pour chacune de ces parties : 1° les dispositions générales et proportions ; 2° les matériaux employés ; 3° les détails de construction.

Le chapitre premier est donc consacré à la description et aux proportions de la chaudière. Il débute par le générateur classique et les quelques modifications relativement secondaires qui lui ont été apportées et passe successivement en revue : le foyer, sa position par rapport aux essieux, le corps cylindrique, la tubulure, le volume d'eau et de vapeur ; des tableaux détaillés, contenant les proportions d'un grand nombre de chaudières, complètent utilement ce chapitre.

La seule observation que j'aurais à faire sur cette partie serait relative à la trop grande importance que l'auteur me paraît donner à la chaudière Lentz qu'il dit assez employée en Allemagne ; il avait déjà, dans les quelques ensembles de locomotives allemandes données dans le premier volume, fait figurer une locomotive à chaudière Lentz des chemins de fer de l'État prussien.

Quelques machines ont été, en effet, munies de cette chaudière, mais simplement à titre d'essai et l'application ne semble pas en avoir été étendue.

On sait aussi que notre Collègue M. Heilmann avait employé ce type de générateur sur sa première locomotive et qu'il y a renoncé pour les autres.

Le chapitre II étudie les matières employées pour la construction des chaudières. On y trouve, notamment, des renseignements sur la fabrication des tôles d'acier, les conditions d'épreuves et de réception de ces tôles, les précautions employées pour leur travail, des indications sur l'emploi des tôles d'acier pour les foyers, emploi tout à fait exceptionnel en Europe, alors qu'il est normal aux États-Unis, ainsi que sur les essais faits de ce côté de

l'Atlantique, essais dont le résultat amène à conclure, dit M. Demoulin, que « rien n'autorise à penser que l'acier se substitue au cuivre pour les foyers en Europe ».

Le chapitre III est consacré aux détails de construction des chaudières, tels que : consolidation des ciels de foyer, attache de la chaudière avec le châssis, les divers types de boîtes à feu, épaisseur des tôles, détermination de cette épaisseur, pressions employées, boîtes à fumée, cheminées, etc.

Le chapitre IV, qui commence le tome III, étudie les proportions et dispositions générales des organes de transmission.

Le champ embrassé est extrêmement vaste. L'auteur traite d'abord du poids adhérent, du nombre d'essieux, de la relation entre le poids adhérent et la puissance, du diamètre des roues, du volume des cylindres, des contrepoids, des sections des conduits et passages de vapeur, longueur des bielles, disposition générale des mécanismes, etc.

On pourra trouver que certaines de ces questions, celles, par exemple, qui ont rapport à l'adhérence, au nombre des essieux, etc., auraient peut-être été plus à leur place dans la première partie de l'ouvrage, car ces questions se relient intimement à celles des dispositions d'ensemble des machines. Je tiens également à signaler un point qui me paraît intéressant. L'auteur mentionne, à propos de la question de l'adhérence, la tendance de plus en plus manifeste à l'introduction d'essieux porteurs, c'est-à-dire du principe de l'adhérence partielle, même pour les locomotives à marchandises. C'est exact pour la France, tandis qu'on constate, au contraire, dans d'autres pays tels que l'Allemagne et, à un moindre degré jusqu'ici, la Russie, une tendance non moins manifeste à l'augmentation du poids et du nombre d'essieux accouplés avec utilisation du poids total pour l'adhérence et introduction dans ces machines de dispositifs propres à faciliter le passage dans les courbes. Il n'y a pas actuellement, en Allemagne, moins de trois systèmes réalisant ce desideratum. Sur ces trois, deux ne sont pas mentionnés du tout dans la partie consacrée aux chemins de fer allemands et c'est à propos de cette omission dont la conséquence est de laisser dans l'ombre une tendance très manifeste et très intéressante que j'ai cru devoir faire certaines réserves en parlant du chapitre III de la première partie.

Nous avons entendu regretter que l'auteur n'ait pas cru devoir traiter la question de la stabilité des locomotives et n'ait consacré

que quelques lignes au sujet des contrepoids. Il s'est autorisé pour cela du titre donné à son ouvrage et du programme formulé par lui dans son introduction, programme d'après lequel il exclut les considérations purement théoriques. Il aurait cependant trouvé des précédents contraires à cette manière de voir. *Le Guide du Mécanicien* de 1851, qui n'a aucune prétention à être un ouvrage de théorie, ne consacre pas à la question de la stabilité des locomotives moins de 42 pages dues vraisemblablement à la plume de Le Chatelier.

Le chapitre V traite des matières employées pour la confection des principaux organes du mécanisme et le chapitre VI des dispositions d'ensemble et de détail des organes de ce mécanisme. Ce dernier est extrêmement développé et illustré de nombreuses figures. Nous nous bornerons à signaler les questions relatives au frottement des tiroirs, aux expériences faites à ce sujet, aux tiroirs équilibrés, etc. La question si délicate de l'étude des distributions est facilitée par la présence de tableaux de distribution relatifs à une douzaine de machines.

Le chapitre VII parle des matières employées à la fabrication ou à la construction des divers organes constituant le véhicule et le chapitre VIII des dispositions d'ensemble et de détail et du mode de construction de ces organes.

Le chapitre IX qui commence le tome IV est consacré aux organes accessoires. Sous ce titre un peu élastique figurent diverses pièces et organes tels que portes de foyer, barreaux de grille, cendriers, enveloppes de chaudière, régulateurs, appareils de sûreté, purgeurs, appareils de freins, etc. On trouve dans cette partie des considérations intéressantes sur la peinture des machines à laquelle on attache tant d'importance en Angleterre et sur l'interchangeabilité des pièces. Non seulement on veille avec raison à ce que toutes les pièces d'une machine puissent être remplacées par celles correspondantes de toutes les machines de la même série, mais, dans le pays que je viens de mentionner, certaines lignes s'attachent à rendre les mêmes pièces semblables dans les divers types de leurs locomotives, au moins dans la mesure du possible. Cette tendance est utile à signaler au moment où on voit, au contraire, ne pas craindre d'avoir dans certains types de machines à trois et à quatre cylindres un double mécanisme composé de pièces entièrement différentes de l'un à l'autre.

Le chapitre X traite du graissage. Nous y relevons une observation intéressante. L'auteur constate que les échauffements des

pièces du mécanisme sont assez rares sur les locomotives, bien qu'on ne puisse pas toujours proportionner les surfaces de frottement aussi largement qu'il le faudrait. Il attribue ce fait à ce que, surtout dans les machines à marche rapide, le courant d'air très actif joue le rôle de l'arrosage dans les machines marines à allure accélérée.

Le chapitre XI parle du tender, cet accessoire utile et souvent indispensable de la locomotive. La question du remplissage en cours de route, employé en Angleterre et aux États-Unis, s'y trouve traitée.

L'ouvrage que je viens d'analyser trop rapidement, bien que ce compte rendu ait déjà un notable développement, se termine par des conclusions générales dans lesquelles l'auteur constate que « contrairement à une opinion assez répandue, la locomotive n'a pas encore atteint sa limite de puissance et, loin d'être un moteur arriéré et entravé par de strictes limitations, constitue une machine simple et économique, admirablement adaptée au travail qu'on lui demande; ce sont des vérités qu'on ne saurait trop répéter aujourd'hui ». Je suis persuadé que tous ceux qui connaissent la question s'associeront à ces conclusions.

L'ouvrage, déjà si considérable, est complété par des annexes, constituées par des cahiers des charges et spécifications relatifs à la fourniture de locomotives, tant pour la France que pour l'étranger, et un appendice traite de quelques points omis ou survenus pendant l'impression.

L'ouvrage de M. Demoulin est illustré de 973 figures dans le texte dont quelques-unes occupent les deux pages et de 6 grandes planches. L'exécution matérielle est parfaite, ce à quoi on devait s'attendre pour un livre édité par la maison Baudry. Nous avons entendu émettre le regret qu'il n'y ait qu'une table unique à la fin du dernier volume au lieu d'une table pour chaque tome, ce rend en effet les recherches moins faciles. Le fait que les parties ne coïncident pas avec les volumes a peut-être été une raison de la disposition adoptée.

On a pu voir par ce compte rendu que l'auteur n'a eu en vue que la locomotive à voie normale, il nous semble qu'il ne peut laisser la question en cet état, et qu'il y a là un engagement moral de sa part à continuer son ouvrage par un ou plusieurs volumes consacrés aux sujets non moins intéressants des locomotives à voie étroite et des locomotives à crémaillère, etc., dont il a été fait depuis quelques années des applications si remar-

quables. Ce complément indispensable justifiera entièrement le titre de *Traité pratique de la locomotive* que porte le travail de M. Demoulin.

Arrivé à la fin de ce compte rendu, j'émets le vœu qu'il puisse, si imparfait qu'il soit, donner une idée suffisante de l'importance de l'ouvrage de notre Collègue, de l'esprit dans lequel il est conçu et du soin avec lequel il a été composé et rédigé, je désire surtout qu'il en ressorte bien l'impression que ce livre est certainement le plus important et le plus complet qui ait encore paru sur la locomotive, dans les limites que l'auteur s'était tracées. Si j'ai, à l'occasion, cru devoir formuler quelques critiques ou signaler quelques omissions, les unes et les autres d'ailleurs d'une importance secondaire, M. Demoulin devra y voir la preuve d'abord de l'intérêt que je porte à son œuvre, et ensuite du soin que j'ai mis à lire son livre entièrement, et avec attention, ce qui ne serait pas, d'une manière générale, un labeur insignifiant, car il ne s'agit pas de moins de 2 000 pages, mais ce qui a été, dans le cas dont il s'agit, une tâche des plus agréables.

TRAITÉ THÉORIQUE & PRATIQUE DE MÉTALLURGIE

PAR

C. SCHNABEL

Professeur de Métallurgie et de Chimie technologique à l'Académie des Mines de Clausthal (Harz).

(2e volume)

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR LE Dr L. GAUTIER [1]

ANALYSE

PAR

M. P. JANNETTAZ

Nous avons, lors de sa publication en 1895, présenté dans le Bulletin un compte rendu de l'ouvrage de M. Schnabel sur le cuivre, le plomb, l'argent et l'or; un autre volume vient de paraître, traduit comme le premier, par M. L. Gautier; il traite des métaux suivants : zinc, cadmium, mercure, bismuth, étain, antimoine, arsenic, nickel, cobalt, platine, aluminium.

La métallurgie du zinc occupe une grande partie du volume; l'énoncé seul des diverses questions qui s'y rapportent occuperait trop de place pour être reproduit ici. Disons donc seulement qu'elles sont traitées d'une façon magistrale par M. Schnabel. D'ailleurs le savant professeur de Clausthal a commencé sa carrière comme Directeur d'usines à zinc en Westphalie, et il a continué à suivre pas à pas toutes les transformations de cette industrie; aussi son ouvrage est rempli d'une foule de documents extrêmement intéressants; qu'il nous soit permis de signaler que nous avons eu l'occasion d'en constater la précision et l'exactitude dans des visites récentes en Silésie, en Saxe et sur les bords du Rhin, en Allemagne et en Belgique; qu'il nous soit aussi permis de faire remarquer combien les Professeurs des Écoles d'Ingé-

(1) Un volume de 650 pages avec 373 figures, MM. Baudry et Cie, éditeurs.

nieurs trouvent dans ces deux pays d'appui auprès des industriels ; ceux-ci, en effet, ne craignent pas d'ouvrir les portes de leurs usines et de fournir tous les renseignements qu'il n'y a pas nécessité à tenir secrets.

Le cadmium, qui accompagne, en général, le zinc, est, comme il est naturel, traité immédiatement après lui. Le mercure est volatil comme ces deux métaux ; M. Schnabel en parle après eux et consacre cent pages à sa métallurgie ; on y trouve tous les types d'appareils très divers qui ont été construits pour le distiller et le condenser.

Les modes de traitement par voie sèche et par voie humide du bismuth natif ou de différents produits métallurgiques bismuthifères et notamment les procédés de liquation qui ont donné lieu, en Saxe, à la construction de plusieurs appareils sont étudiés dans le chapitre suivant.

La métallurgie de l'étain a été également développée jadis en Saxe, et l'on trouve dans ce volume les fours de Freiberg ; après eux viennent les fours mécaniques de Cornouailles pour le grillage des minerais et les fours à réverbère pour la réduction.

A propos de l'antimoine, il faut signaler que, pour le procédé nouveau du grillage volatilisant, l'auteur fournit des renseignements généraux accompagnés de croquis d'autant plus intéressants que cette question n'a jusqu'ici donné lieu qu'à très peu de publications.

La métallurgie de l'arsenic a, en Allemagne, une certaine importance ; aussi est-elle exposée ici avec développement.

Les traitements relatifs au nickel qui remontent à un petit nombre d'années, mais n'en sont pas moins assez variés, occupent une centaine de pages, suivies de quelques autres consacrées au compagnon ordinaire du nickel, le cobalt.

Vient ensuite la métallurgie du platine par voie sèche et par voie humide ; la première a été décrite avec tous les détails nécessaires par ses inventeurs Deville et Debray ; la seconde a été jadis exposée par Wollaston ; elle a été adoptée d'une façon à peu près générale, avec quelques variantes plus ou moins importantes, par les fabricants de platine qui entourent leurs opérations de pratiques mystérieuses. Néanmoins, M. Schnabel a pu fournir quelques renseignements intéressants d'après les travaux publiés en Allemagne et en Angleterre.

L'aluminium termine le volume ; on y trouve des renseignements très condensés sur les procédés chimiques de Deville, de

Castner, de Netto, de Grabau, et sur les procédés électrothermiques ou électrolytiques.

D'ailleurs, les chapitres précédents comportent également, pour chaque métal, non seulement les traitements par voie sèche et par voie humide, mais ceux par voie électrique, et on y trouve d'excellents résumés des procédés qui ont recours à l'électricité; les uns déjà adoptés industriellement, les autres encore dans la période d'essais.

Enfin, après chaque métal, l'auteur a réuni une série de renseignements sur les composés chimiques les plus importants et fabriqués généralement, en Allemagne du moins, dans des ateliers dépendant des fonderies; tels, le blanc de zinc, le cinabre, l'acide arsénieux, le réalgar, l'orpiment.

Cet ouvrage est donc, comme celui qui l'a précédé, rempli de documents extrêmement nombreux et intéressants, et nous ne pouvons que répéter pour lui ce que nous avons déjà dit du premier volume, c'est qu'il constitue un guide précieux pour les métallurgistes.

Rapport de M. Levasseur sur **les cartes en relief**, de MM. Stragliati et Nobili.

Ces cartes sont obtenues au moyen de modèles constitués par la superposition de plans d'égale épaisseur découpés suivant des courbes de niveau équidistantes et dont les angles sont abattus ensuite. L'exécution est des plus satisfaisantes.

Rapport de M. Hippolyte Fontaine sur **le Balancier galvanogrammètre** de M. Ducot.

Cet appareil est destiné à mesurer les dépôts d'or et d'argent effectués dans des cuves électrolytiques. C'est un perfectionnement à la balance Roseleur.

Lorsque le poids total du dépôt atteint le maximum fixé, le fléau s'incline, déclenche un levier qui interrompt automatiquement le circuit et prévient par une sonnerie électrique l'ouvrier préposé à la surveillance du travail. C'est le même principe que celui de la balance Roseleur, mais les détails sont plus soignés et l'appareil est, en un mot, plus industriel.

Rapport de M. Rossigneux sur l'ouvrage de M. Léon Lefèvre, intitulé: **La Céramique du bâtiment.**

Cet ouvrage traite de tout ce qui a rapport à la fabrication et à l'emploi des briques, tuiles, tuyaux, terres cuites émaillées, carreaux ordinaires et grès architecturaux, qui jouent un rôle si important dans les constructions de nos jours, sans oublier les poteries sanitaires dont l'usage nous vient d'Angleterre et qui ont une importance hygiénique considérable.

L'oxyde de carbone, le grisou et le grisoumètre, par M. le Dr Grehant, professeur au Muséum d'histoire naturelle.

Il s'agit d'une conférence faite à la Société d'Encouragement le 10 décembre 1897. L'auteur examine d'abord l'action toxique de l'oxyde de carbone, et donne les résultats de diverses expériences faites par lui sur la production de ce gaz délétère par des appareils usuels, tels que poêle en fonte, dit *de corps de garde*, fer à repasser à chauffage intérieur par le charbon, et par l'emploi de briquettes pour le chauffage des voitures. En faisant respirer à un chien les gaz recueillis dans ces conditions, on constate au bout de peu de temps la présence de l'oxyde de carbone dans le sang de l'animal.

Le conférencier décrit un grisoumètre imaginé par lui et d'une telle sensibilité, que l'air renfermant 1 0/0 de formène pur donne une réduction de 10,3 divisions dont la longueur est égale à 51 *mm*, réduction opérée d'après le principe de Coquillion, l'inventeur du grisoumètre, par la combustion du gaz contenu dans l'air au contact d'une spirale de platine portée au rouge par un courant électrique.

Les progrès récents de l'éclairage des côtes et l'invention des feux-éclairs, par M. Jean Rey.

L'auteur fait un historique rapide des progrès de l'éclairage des côtes,

dans lequel on distingue trois périodes : l'emploi des appareils à réflecteurs, celui du système lenticulaire de Fresnel et la période actuelle, l'emploi des feux-éclairs. Ce dernier système, dû à M. l'Inspecteur général Bourdelles, directeur du Service des Phares, consiste, comme on sait, à produire des éclats aussi brefs que possible avec un intervalle très court entre eux ; la durée la plus avantageuse des éclats doit être de un dixième de seconde, et celle des éclipses ne doit pas dépasser cinq secondes.

Le mémoire passe en revue et décrit, avec détails et figures, les divers appareils servant à l'application de ces principes.

Programme des prix proposés par la Société d'Encouragement, à décerner dans les années 1899 et suivantes.

Notes sur la **sidérurgie en Amérique**, d'après M. A.-P. Head.

Ces notes, parues dans l'*Engineering*, donnent d'intéressants détails sur diverses questions relatives à l'industrie du fer, telles que les hauts fourneaux, dont quelques-uns atteignent des dimensions colossales. 30 *m* de hauteur, 1 200 *t* de production par semaine, chargement automatique, détails de l'application du procédé Bessemer, fours à main, laminoirs, fabrication des rails, etc.

Notes de mécanique :

Nous signalerons dans ces notes les expériences de M. Murphy sur les moulins à vent, donnant le travail suivant la vitesse du vent pour divers modèles, et le rendement, les essais de moteurs à gaz par l'*Institution of Mechanical Engineers*, à Londres, et une note de M. Mathias sur les propriétés thermiques des fluides saturés.

ANNALES DES MINES

2e livraison de 1898.

Études géologiques sur la mer Égée, par M. L. de Launay, Ingénieur des Mines, Professeur à l'École supérieure des Mines.

Cette note est consacrée à une étude sur les îles de Mételin, Lemnos et Thasos, dont la constitution géologique n'avait fait l'objet d'aucun travail antérieur. Chacune de ces îles est examinée séparément, et cet examen très développé est suivi d'un résumé géologique des travaux antérieurs sur la région nord de la mer Égée, la Thessalie, le sud-est de la Turquie d'Europe, la Macédoine et la Thrace, et de conclusions générales sur la géologie de la mer Égée. Un appendice est consacré à une étude sur les bois fossiles de Mételin.

3e livraison de 1898.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers, en 1896 et en 1897.

La production totale des combustibles minéraux s'est élevée, en 1897, à 30 735 453 *t*, en augmentation de 1 545 453 *t* sur l'année 1896. Sur ce total, il y a 30 227 888 *t* de houille et anthracite, et 457 465 *t* de lignite ; ce dernier est en légère augmentation (18 000 *t*) sur l'année précédente, Pour la houille, c'est toujours le Pas-de-Calais et le Nord qui viennent en tête, le premier avec 12 807 000 *t*, le second avec 5 550 000 *t* ; après vient la Loire avec 3 605 000 *t*. Ces trois départements sont en augmentation sur l'année 1896.

La production des lignites est toujours concentrée dans le bassin du Fuveau, qui a fourni 390 000 *t* sur un total de 457 000. Après vient le bassin de Manosque avec 25 000 *t*, en diminution de 1 500 *t* sur l'année précédente, et les bassins de Bagnols et d'Orange avec 19 000 *t*, également en légère diminution sur 1897. Le reste ne représente que des quantités presque insignifiantes.

La production des fontes s'est élevée, en 1897, à 2 472 143 *t*, en augmentation de 132 606 *t* sur celle de 1896. Sur ce total, il y a 2 248 106 *t* de fonte au coke, 6 479 *t* de fonte au bois (contre 8 733 *t* en 1896) et 17 558 *t* de fonte mixte (contre 15 215 *t* en 1896).

A un autre point de vue, le total se partage en 1 951 578 *t* de fonte d'affinage et 520 565 *t* de fonte de moulage ou moulée en première fusion. Sous le rapport de la production, c'est toujours le département de Meurthe-et-Moselle qui vient en tête avec 1 525 900 *t* contre 1 468 500 *t* en 1896 ; ensuite viennent le Nord avec 292 000 *t*, Saône-et-Loire avec 101 350 *t*, le Pas-de-Calais avec 76 000 *t* et les Landes avec 73 000 *t*.

La production totale des fers a été, en 1897, de 828 273 *t*, chiffre presque identique à celui de 1896, qui était de 828 758 *t*. Le total se subdivise en 577 607 *t* de fer puddlé, 6 396 *t* de fer affiné au charbon de bois (contre 6 257 *t* en 1896) et 244 270 *t* de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons. Pour ce dernier, le département de la Seine figure pour 32 897 *t* contre 22 890 *t* en 1896. La production des rails en fer a été de 585 *t* contre 861 *t* en 1896.

La production totale d'aciers de toute sorte a été de 1 281 595 *t*, en augmentation de 100 852 *t* sur l'année précédente. Sur ce total, on trouve 806 253 *t* d'acier Bessemer en 474 472 *t* d'acier obtenu au four Martin-Siemens. La production des aciers ouvrés a été de 959 254 *t*, en augmentation de 42 437 *t* sur 1896. Les rails figurent pour 189 862 *t*, en augmentation de 13 841 *t* sur 1896 ; les tôles pour 222 046 *t* contre 221 539 pour l'année précédente ; l'acier fondu au creuset entre pour 11 566 *t* contre 10 249 *t* pour 1896, et l'acier obtenu par réchauffage de vieil acier pour 8 194 *t* contre 3 791 *t* pour l'année précédente.

Expériences et théories sur le tube de Pitot et le moulinet de Woltmann, par M. Rateau, Ingénieur des Mines.

Le tube de Pitot et le moulinet de Woltmann étant très fréquemment

employés pour la mesure de la vitesse des courants d'eau et des courants d'air, il est extrêmement utile de connaître le degré d'approximation sur lequel on peut compter avec leur usage.

L'auteur étudie en détail le mode de fonctionnement de ces appareils et conclut, pour le premier, que le tube de Pitot est l'instrument de mesure de la quantité de mouvement moyenne des filets fluides ; d'où on peut déduire la vitesse moyenne si l'on connaît le coefficient d'irrégularité des vitesses par rapport au temps, coefficient qui, nul quelquefois, est susceptible de s'élever jusqu'à 1 et au delà.

Quant aux moulinets, ils mesurent la quantité de mouvement moyenne dans l'espace, s'il s'agit des liquides, et ils la mesureraient encore dans le cas de l'air si l'irrégularité se produisait seulement par rapport à l'espace ; mais elle se produit alors aussi nécessairement par rapport au temps, et comme l'inertie du moulinet joue un rôle d'autant plus actif que les variations de vitesse sont plus rapides et plus brusques, les indications de l'instrument n'ont plus qu'un rapport très compliqué, soit avec la vitesse moyenne, soit avec la quantité de mouvement moyenne.

On doit donc conclure que jamais on ne pourra parvenir à mesurer exactement les vitesses des courants d'air irréguliers à l'aide du tube de Pitot, encore moins avec les anémomètres.

Guide pratique pour la **recherche et l'exploitation de l'or à la Guyane française**, par M. Levat, Ingénieur civil des Mines

Il s'agit d'un rapport adressé à M. le Ministre de l'Instruction publique par l'auteur qui avait été chargé de recueillir des renseignements géologiques et techniques permettant de faire une étude détaillée des richesses minérales des Guyanes. M. Levat a complété cette première partie de son programme par l'application de ses études géologiques générales à l'industrie aurifère guyanaise, et il a pu réunir et grouper un nombre suffisant de faits, pour arriver à les coordonner et à les présenter sous la forme d'instructions pratiques, comme l'indique le titre du mémoire, destinées à faciliter leurs travaux, tant aux exploitants actuels, qu'à ceux appelés à venir plus tard mettre en valeur les richesses minérales inexploitées de la colonie. L'auteur établit d'ailleurs que l'industrie aurifère est la seule qu'on puisse développer actuellement à la Guyane, et qu'on doit la favoriser tout d'abord ; peut-être après sera-t-il possible d'en introduire d'autres, telles que la production du bétail et la culture.

La partie du mémoire contenue dans ce fascicule est consacrée à l'étude de la géologie générale de la Guyane.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Avril 1898

Réunion de Saint-Étienne

Séance du 2 avril 1898.

Communication de M. Mortier sur le **moteur à pétrole système Diesel.**

Nous avons traité la question du moteur Diesel dans nos chroniques de novembre et décembre 1897 ; il nous parait donc inutile d'en dire davantage sur cette question.

District de Paris

Séance du 10 janvier 1898.

Compte rendu par M. Pourcel de l'ouvrage intitulé : *Le Guide pratique du chimiste métallurgiste et de l'essayeur*, publié par la librairie Baudry et Cie et dû à M. L. Campredon. Ce livre s'impose, dit M. Pourcel, à l'attention des spécialistes autant par le grand nombre de documents qui s'y trouvent réunis et classés avec méthode, que par le choix éclairé qu'en a su faire l'auteur, parmi les travaux les plus récents des chimistes les plus autorisés de notre époque. Une analyse très complète de cet ouvrage a été donnée par M. P. Chalon dans la séance de notre Société du 18 mars dernier.

Communication de M. E. Demenge sur un nouveau procédé de **durcissement superficiel des moulages d'acier.**

Ce procédé, indiqué par M. P. Huth, de Gelsen Kirchen, ne s'applique qu'aux pièces symétriques par rapport à un axe et consiste à donner, au moment de la coulée, un mouvement rapide de rotation au moule ; on y verse d'abord de l'acier dur qui vient se loger à la circonférence, et on achève de remplir le moule avec de l'acier doux. La liaison des deux métaux est intime et, contrairement à ce qui existe dans la fonte trempée, le métal ne diminue pas progressivement de dureté ; on passe brusquement d'une qualité d'acier à l'autre. Le procédé permet de choisir l'épaisseur de la partie dure et a l'avantage de rendre les moulages compacts et bien venus, si faible que soit l'épaisseur des pièces, résultat difficile à obtenir avec la coulée ordinaire.

Ce procédé est tout indiqué pour la fabrication des roues de chemins de fer et peut servir à celle des roues de broyeurs, cylindres de moulins, machines de concasseurs, etc.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETIN DE JANVIER-FÉVRIER-MARS 1898.

Rapport annuel sur la situation de la Société du 1er janvier au 31 décembre 1897.

La Société comptait, au 31 décembre 1897, 554 membres ordinaires. 53 membres correspondants et 8 membres honoraires, total 615. Ses recettes se sont élevées au chiffre total de M. 73 438, dont 23 680 pour cotisations, 11 838 pour loyers divers, 28 243 pour intérêts des titres, etc. Les dépenses se sont élevées à M. 85 291, dont 35 500 pour les dépenses courantes de la Société, 28 568 pour subventions aux écoles, musées, etc. et 21 200 pour dépenses extraordinaires, telles que réparations majeures à l'hôtel de la Société.

Sur les M. 35 500 formant les dépenses courantes de la Société, l'impression du Bulletin figure pour 7 308, les contributions et l'entretien des bâtiments pour 8 000 environ, les traitements des agents pour 9 400, les musée, bibliothèque, médailles, etc., 6 000, etc.

Origine du **Blanchiment au sel de soude**, par M. Albert SCHEURER.

Blanchiment des tissus de coton en 24 heures, à la température de 140°, sans circulation, par MM. A SCHEURER et A. BRYLINSKI.

Dosage des indigos. — Méthodes diverses.

Dérivés obtenus par **l'action du sulfure de carbone sur la diméthylaniline**, par M. J. WEINMANN.

Note sur **quelques corps pouvant remplacer le β.-naphtol** dans la production des couleurs azoïques sur la fibre, par M. J. BRANDT.

Rouge paranitraniline et blanc enlevé par vaporisage sur bleu cuvé. — Notes diverses et rapport par M. E. GRANDMOUGIN.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 19. — *7 Mai 1898.*

Étude des rapports d'engrenages dans les machines-outils, par M. Fischer.

Exploitation des usines métallurgiques, par C. Schnabel.

L'acétylène et son emploi dans l'éclairage, par K. Thomae *(fin)*.

Calcul des efforts dans les embrayages à coin, par H. Bethmann.

Forme de la clavette de Morse et manière de la calculer.

Bibliographie. — Diverses méthodes de mesures appliquées à la mécanique, par A. Stein.

Correspondance. — Grue pour le service de la riveuse hydraulique de la fabrique de machines de Kolomna.

N° 20. — *14 mai 1898.*

Machines à vapeur à régulateurs tournant dans un plan, par H. Seidler.

Nouvel appareil pour l'essai des huiles de graissage, par S. Kupff.

Incendie des moulins Borsig, Berlin-Moabit, par O. Greiner.

Groupe de Berlin. — Développement et état actuel de la question des voitures à moteur. — Exposition d'acétylène à Berlin et développement de l'industrie du carbure de calcium.

Groupe de Breslau. — L'Oder et sa navigation.

Bibliographie. — Nos écoles techniques supérieures à l'approche du XX^e^ siècle, par A. Riedler.

N° 21. — *21 mai 1898.*

Ordre du jour et programme des fêtes de la XXXIX^e^ assemblée générale de l'Association des Ingénieurs allemands, à Chemnitz, en 1898.

Exploitation des usines métallurgiques, par C. Schnabel *(fin)*.

Machines pour la pose des voies de chemins de fer, construites par la fabrique de machines de Nüremberg.

Nouveaux chemins de fer à crémaillère, par S. Brückmann *(suite)*.

Armement des navires de guerre, par Neudeck *(suite)*.

Groupe de Dresde. — Utilisation des détritus et notamment des ordures ménagères.

Variétés. — Ecoles de construction de machines en Prusse.

N° 22. — *28 mai 1898.*

Mesure de l'eau contenue dans la vapeur sortant des chaudières, par E. Brückner.

Machines horizontales et verticales pour installations fixes, par R.-A. Ziese.

Fixation automatique des pièces sur les tours, par H. Fischer.

Variation du travail dans les machines compound à distribution par coulisses, par W. Schwartz.

Groupe de Cologne. — Le gaz et l'électricité comme force motrice.

Bibliographie. — Recherches graphiques sur la résistance des pièces élastiques aux efforts transversaux, par E. Ovazza.

Variétés. — Réunion générale de l'Association des chimistes allemands.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. Mallet.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 11720-5-98. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUIN 1898

N° 6

Sommaire de la séance du mois de juin 1898 :

1° *Chemins de fer russes.* Amélioration du réseau de la Russie européenne, par M. le Professeur Belelubsky (Séance du 17 juin), page 983 ;

2° *Cinquantenaire de la Société* (Procès-verbaux relatifs aux fêtes du) (Séance du 17 juin), page 972 ;

Cinquantenaire de la Société (Allocution de M. G. Dumont, Vice-Président, et témoignages de félicitations à M. A. Loreau, Président de la Société, à l'occasion des fêtes du) (Séance du 17 juin), page 973 ;

3° *Décès* de MM. A. Milinaire, A. Hureau de Villeneuve, F. Morane, G. Margaine, A. Cottrau (Séance du 17 juin), page 974 ;

4° *Décorations* (Séance du 17 juin), pages 973 et 974 ;

5° *Don d'un régulateur électrique*, par M. E.-L. Henry-Lepaute (Séance du 17 juin), page 972 ;

Don de 100 f, par M. P.-A. Darracq (Séance du 17 juin), page 972 ;

6° *Eaux artésiennes de l'Oued Rir' et du Bas-Sahara* (l'Alimentation des), par M. G. Rolland, Ingénieur en chef des mines (Séance du 6 mai). Lettre de M. P. Arrault (Séance du 17 juin), page 971 ;

7° *Mission officielle aux États-Unis et au Canada pour étudier le développement des installations électriques* (M. M. Delmas chargé d'une) (Séance du 17 juin), page 975 ;

8° *Navire à l'avancement* (Résistance d'un) par M. F. Chaudy et observations de MM. A. Duroy de Bruignac, E. Pérignon, R. Soreau, G. Parrot (Séance du 17 juin), page 977;

9° *Nominations :*

De MM. H. Menier et Ch. Vincent comme membres du Conseil d'Administration de l'Office national du Commerce extérieur (Séance du 17 juin), page 974;

De M. Ch. Vincent, comme membre du Comité de direction de l'Office national du Commerce extérieur (Séance du 17 juin), page 975;

De Membres de la Société comme conseillers du commerce extérieur (Séance du 17 juin), page 975;

De Membres de la Société au Comité technique de l'électricité à l'Exposition de 1900 (Séance du 17 juin), page 975;

De Membres de la Société au Comité technique des machines à l'Exposition de 1900 (Séance du 17 juin), page 975;

De MM. E. Gruner, E. Lahaye, Ch. Prevet, F. Reymond, X. Rogé comme Membres du Comité consultatif des Chemins de fer (Séance du 17 juin), page 975;

10° *Ouvrages reçus et présentation d'ouvrages* (Séance du 17 juin), page 972;

11° *Prix Annuel* (1898) décerné à M. M. Duplaix (Séance du 17 juin), page 969;

Prix Michel-Alcan (triennal 1895-1897), décerné à M. Ch. Fremont (Séance du 17 juin), page 969;

Prix François-Coignet (triennal 1895-1897), décerné à M. Ed. Lippmann (Séance du 17 juin), page 970;

Prix Somzée, de 25 000 *f*, décerné à M. Joseph François, Ingénieur à Seraing (Séance du 17 juin), page 974;

12° *Situation financière de la Société* (Compte rendu par M. L. de Chasseloup-Laubat, trésorier) (Séance du 17 juin) page 965;

13° *Travaux publics à exécuter à l'étranger* (Communiqué du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes). Dragage de la rade de Port-Arthur par le gouvernement impérial de Russie (Séance du 17 juin), page 975;

Travaux publics à exécuter à l'étranger. Travaux d'assainissement à Alexandrie : quais, égouts, filtres, etc. (Séance du 17 juin), page 975;

14° *Vitrerie sans mastic* (Nouveau système H. Murat, de), par M. F. Delmas, et observations de M. P. Bonneville (Séance du 17 juin) page 975;

Mémoires contenus dans le bulletin de juin 1898 :

15° *Bateaux à la traction* (Résistance des), par M. F. Chaudy (Voir la discussion de cette communication, procès-verbal du 17 juin, page 977) page 985;

16° *Fer et ciment* (Théorie de l'équilibre des systèmes en) tirée du principe du moindre travail d'après M. B.-B. Ferria, Ingénieur à Turin, par M. D. Federman, page 996;

17° *Automobiles* (La vapeur, le pétrole et l'électricité dans les), par M. R. Soreau, page 1008;

18° *Vapeur comme puissance motrice* (Notes et observations sur l'emploi de la), par M. A. Lencauchez, page 1035;

19° *Tramways par accumulateurs à charge rapide* (Traction électrique des), par M. F.-H. Drouin, page 1122;

20° *Chroniques* nos 222 et 223, par M. A. Mallet, page 1136;

21° *Comptes rendus*, — page 1156;

22° *Table des matières contenues dans la chronique du premier semestre du bulletin de 1898*, page 1165;

23° *Table des matières traitées dans le premier semestre du bulletin de 1898*, page 1169;

24° *Table alphabétique par noms d'auteurs des mémoires insérés dans le premier semestre du bulletin de 1898*, page 1177;

25° *Planches* n° 209 et 210.

Pendant le mois de juin 1898, la Société a reçu :

37817 et 37818 — De MM. Aulanier et Cie, éditeurs (M. de la S.). *Études et documents sur la construction des hôpitaux, par L. Borne* (Bibliothèque de la Construction moderne) (grand in-8° de II-394 p. avec atlas même format de XXXVII pl.). Paris, Aulanier et Cie.

37819 à 37821 — De M. H. Hersent (M. de la S.). *Nouvelles installations maritimes du Port de Lisbonne (Portugal). Service de l'Exploitation, H. Hersent, concessionnaire* (3 brochures en français, en allemand et en anglais, format 220-120). Paris, Eug. Marx.

37822 — De MM. A. Blondel et J. Rey. *Étude expérimentale de l'éclat des projecteurs de lumière, par MM. A. Blondel et J. Rey* (petit in-4° de 4 p.) (Extrait des comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 31 janvier 1898). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1898.

37823 — De M. F. Michotte. *L'incendie. Ce que l'on doit savoir. Ce que l'on doit faire. La voie publique. Ses accidents. Leurs secours. Arrêtés et Ordonnances de 1897, par M. F. Michotte* (in-16° de 280 p.) (Bibliothèque de l'Actualité). Paris, A. Mailhat, 1898.

37824 — De la Compagnie du chemin de fer du Nord. *Compagnie du chemin de fer du Nord. Assemblée générale du 29 avril 1898. Rapport présenté par le Conseil d'administration. Résolutions de l'Assemblée générale* (petit in-4° de 117 p.). Lille, L. Danel, 1898.

37825 — Du Comité de Conservation des monuments de l'art arabe. *Comité de Conservation des monuments de l'art arabe. Exercice 1896. Fascicule treizième. Procès-verbaux des séances. Rapports de la deuxième Commission* (in-8° de 206 p. avec 11 pl.). Le Caire, Imp. Nat., 1897.

37826 — De M. Merzbach (M. de la S.). *L'industrie minière en Suède, par M. G. Nordenström* (in-8° de 75 p. avec 1 carte). Stockholm, Imp. Royale, 1897.

37827 — De M. C. Blétry (M. de la S.). *Manuel de l'Inventeur, contenant la loi française du 5 juillet 1844 sur les brevets d'invention, les lois et décrets qui l'ont suivie, la Convention internationale du 20 mars 1883, et l'interprétation pratique des législations étrangères, par C. Blétry et C. Blétry fils* (in-12 de x-170 p.) (7e édition). Paris, Gauthier-Villars et fils et chez les auteurs, 2, boulevard de Strasbourg, 1898.

37828 — De M. A. Lalance (M. de la S.). *L'électricité à Paris et à Berlin, par M. A. Lalance* (petit in-4° de 26 p. avec 1 pl.). Paris, Chaix, 1898.

37829 — De M. Urban (M. de la S.). *Chemin de fer grand central Belge. Direction de la Traction et du Matériel. Compte rendu de l'exercice 1897* (petit in-4° de 63 p. autog.). Bruxelles, 1898.

37830 — De M. le Baron de Larnage (M. de la S.). *Société générale des freins Lipkowski. Notice sur le frein à air comprimé automatique de M. Lipkowski* (in-4° de 45 p. autog., avec 1 pl.). Paris, Siège social, 37, rue Taitbout, 1897.

37831 — Dito. *Société générale des freins Lipkowski. Catalogue général des freins Lipkowski, 1898* (in-4° de 48 p. avec 16 pl.). Paris, Siège social, 37, rue Taitbout, 1898.

37832 — De M. H. Lagrésille. *Métaphysique mathématique. Essai sur les fonctions métaphysiques. Morphologie de l'âme, par Henry Lagrésille* (petit in-8° de 147 p.). Paris, Vve Ch. Dunod.

37833 — De M. L. Périssé (M. de la S.). *Automobiles sur rails, par G. Dumont* (petit in-8° de 184 p.) (Encyclopédie scientifique des des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson.

37834 — Dito. *Automobiles sur routes, par L. Périssé* (petit in-8° de 207 p.) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson.

37835 — De M. H. Chapman (M. de la S.). *Eight hours for work, by John Rae* (in-16° de XII-340 p.). London, Macmillan and Co, 1894.

37836 — Dito. *University College, Bristol. Calendar for the session 1897-98* (in-16° de 274 p.). Bristol, J. W. Arrowsmith, 1897.

37837 — Dito. *The Adulteration of Portland Cement, by W. Harry Stanger and Bertram Blount* (Chemical Laboratory and testing works Broadway, Westminster, S. W.) (A Paper read before the London section of the Society of Chemical Industry, November 1st., 1897) (in-8° de 38 p.). London, Hudson and Kearns, 1897.

37838 — De M. V. A. Turina. *Ke Teorii Vozdouchoplavania i Aerodpomii, doklade V. A. Turina* (in-8° de 27 p.). Saint-Pétersbourg, 1898.

37839 — De la Société des Agriculteurs de France. *La Société des Agriculteurs de France, par Henry Johannet* (grand in-8° 16 p. à 2 col.) (Le compte rendu du Monde moderne. N° 7. Juin 1898). Paris, A. Quantin, 1898.

37840 — De M. J.-B. Baillière et fils, éditeurs. *Dictionnaire de l'Industrie. Matières premières. Machines et appareils. Méthodes de fabrications. Procédés mécaniques. Opérations chimiques. Produits manufacturés, par Julien Lefèvre* (grand in-8° de 48 p. à 2 col. Série 1). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1898.

37841 — De l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail. *Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Année 1898. N° 10* (grand in-8° de 268 p.). Paris, Siège de l'Association, 3, rue de Lutèce, 1898.

37842 — De la Compagnie générale des Voitures à Paris. *Compagnie générale des Voitures à Paris. Assemblée générale annuelle du 30 avril 1898. Rapport du Conseil d'administration sur les comptes de l'exercice 1897. Bilan. Travaux comparatifs des divers Services de la Compagnie pendant les deux derniers exercices* (in-4° de 33 p. avec 9 tableaux). Paris, Maulde, Doumenc et C^ie^, 1898.

37843 — De l'Office du Travail. *République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction de l'Office du Travail. Bureau de la statistique générale. Statistique générale de la France. Tome XXV. Statistique annuelle. Année 1895* (grand in-8° de 227 p.). Paris, Imp. Nat., 1898.

37844 — Dito. *République Française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Office du Travail. Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1897* (grand in-8° de 304 p.). Paris, Imp. Nat., 1898.

37845 — De M. H. Couriot (M. de la S.) et J. Meunier. *Recherches sur l'explosion des mélanges grisouteux par les courants électriques, par MM. H. Couriot et J. Meunier* (Extraits des comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. Notes présentées aux séances des 7, 21 mars et 18 avril 1898) (petit in-4° de 10 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1898.

37846 et 37847 — De MM. E. Bernard et C^ie^, éditeurs. *Petite Encyclopédie pratique de Chimie industrielle, publiée sous la direction de M. F. Billon. L'eau, 7^e^ volume de la collection. — Le sucre, 8^e^ volume de la collection* (2 volumes in-16° de 160 p.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1898.

37848 et 37849 — Dito. *Petite Encyclopédie pratique du Bâtiment, publiée sous la direction de M. L.-A. Barré. Maçonnerie en général, 3^e^ volume de la collection. — Charpente en bois, 4^e^ volume de la collection* (2 volumes in-16° de 160 p.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1898.

37850 — De M. Ad. Carnot. *Traité d'analyse des substances minérales, par Adolphe Carnot. Tome premier. Méthodes générales d'analyse qualitative et quantitative* (grand in-8° de 992 p. avec 356 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1898.

37851 — De la Chambre de Commerce de Rouen. *Chambre de Commerce de Rouen. Compte rendu des travaux pendant l'année 1897* (petit in-4° de 581 p. avec 1 carte). Rouen, Ancienne Imp. Lapierre, 1898.

37852 — De M. M.-J.-M. Bel (M. de la S.). *Mission dans l'Indo-Chine centrale. Annam. Pays-Khas. Bas-Laos. Utilisation économique des Pays Khas. Conférence faite le 28 mai 1898 à la Société des Etudes coloniales et maritimes, par M. J.-M. Bel* (grand in-8° de 11 p.). Tonnerre, Imp. Bailly.

37853 et 37854 — De M. W. Kleiber. *Studien zur Wasserstandsprognose, von W. Kleiber* (Sonder-Abdruck aus Zeitschrift für Gewasserkunde, pages 9 à 25 et 129 à 144, format grand-in-8°). Leipzig, S. Hirzel, 1898.

37855 et 37856 — Dito. *Kazanskii Okroughe P. C. Predskazaniya Kolebanii ourovnya vodii i ghloubinii perekatove na r. Volghié doklade V. Gh. Kleibera* (grand in-8° de 131 p. avec atlas grand in-4° oblong de 16 pl.). Saint-Pétersbourg, 1896.

37857 — De M. le général A. de Wendrich (M. de la S.). *Aperçu comparatif des chemins de fer russes, par M. A. de Wendrich* (Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Saint-Étienne 1897, pages 205 à 213, format in-8°). Paris, Secrétariat de l'Association.

37858 — Dito. *Application de la machine Hollerith à l'exploitation des chemins de fer, par M. A. de Wendrich* (Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Saint-Étienne, 1897, pages 235 à 241, format in-8°). Paris, Secrétariat de l'Association.

37859 — Dito. *Du système séparateur de M. P. Nadiéine* (Bulletin du Conseil municipal de Saint-Pétersbourg. N° 9. Année XXXV. Mai 1897) (in-8° de 8 p. avec 1 pl.). Saint-Pétersbourg, 1897.

37860 — Dito. *Statistitcheskii otdiéle. Ministerstva Poutéi Soobstchéniya* (grand in-8° de 39 p.). Saint-Pétersbourg, 1898.

37861 — Dito. *Statistitcheskii sbornike. Ministerstva Poutéi Soobstchéniya* (grand in-8° de 507 p.). Saint-Pétersbourg, 1898.

37862 — Dito. *Kratkii Istoritcheskii otcherke razvitiya i diéyatediiosti viédomstva Poutéi Soobstchéniya za sto liéte egho soustchestvovaniya (1798-1898 gh. gh.)* (grand in-8° de 221 p.). Saint-Pétersbourg, 1898.

37863 — Dito. *Istoritcheskii otcherke razvitiya Jeliézniikhe doroghe ve Rossii se ikhe osnovaniya po 1897 gh. vkliouichtelino* (grand in-8° de 176 p.). Saint-Pétersbourg, 1898.

37864 — Dito. *Karta Jeliézniikhe chosseiniikhe i vnoutrennikhe vodniikhe Poutéi Soobstchéniya. Izdanie Ministerstva Poutéi Soobstchéniya, 1898 gh.* (1 feuille pliée format 360 × 230). Saint-Pétersbourg, 1898.

37865 — *Roukovodstvo dlya proizvodstva iziikanii sostavleniya iroektove i smiète i dlya proizvodstva rabote po oustroistvou podeiézdniikhe Poutéi 1892* (grand in-4° de 35 p. avec 20 pl.). Kiev, 1894.

37866 — *Cobore cvyatagho velikagho Knyazya Vladimira ve gh. Kievié. Alibome fotoghrafiya gh. Lazovskagho* (in-4° de 66 pl.).

37867 — De M. J.-A.-L. Waddell (M. de la S.) *De Pontibus. A Pocket-Book for Bridge Engineers, by J.-A.-L. Waddell* (petit in-8 de XII-403 p.). New-York, John Wiley and Sons, London, Chapman and Hall, 1898.

37868 — De M. L.-Y. Schermerhorn. *Breakwater Construction of the American East by Louis Y. Schermerhorn* (Reprinted from the Coprighted Proceedings of the Engineers' Club of Philadelphia. Vol. XIV. N° 3. October-December 1897) (in-8° de 24 p. avec 1 pl.).

37869 — De M. J. Rey. *Les progrès récents de l'éclairage des côtes et l'invention des feux-éclairs, par M. Jean Rey* (Extrait du Bulletin d'avril 1898 de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale) (petit in-4° de 45 p. avec 27 fig.). Paris, Chamerot et Renouard, 1898.

37870 à 37875 — De la Société des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille. *Mémoires de la Société des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille. Cinquième série. Fascicules I à VI* (6 volumes grand in-8°). Lille, L. Danel, 1895 et 1896.

37876 — De M^me^ V^ve^ Ch. Dunod, éditeur. *Télégraphie pratique. Traité complet de télégraphie électrique, par L. Montillot* (grand in-8° de 624 p. avec 356 fig. et 6 pl.) (Bibliothèque pratique de l'Électricien). Paris, V^ve^ Ch. Dunod, 1898.

37877 — De l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. *Trentième année. Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Section française. Exercice 1897* (grand in-8° de 72 p. avec 4 pl.). Nancy, Berger-Levrault et C^ie^, 1898.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juin 1898, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

E. Auer,	présenté par MM.	Loreau, Rechniewski, Billéma.
W.-H.-W. Bagshave,	—	Gallois, Macherez, Casalonga.
A.-L. Bernaville,	—	Roulleau, de Banville, Rancelant.
H. Blapka,	—	Vautelet, de La Vallée-Poussin, Périssé.
A. Boutan,	—	Le Page, Bouvier, Lordereau.
E.-J.-L. Brunswick,	—	Raffard, Fayot, Neu.
P. Darcy,	—	H. Biver, E. Biver, Bordet.
P.-A. Darracq,	—	Loreau, Dumont, Lencauchez.
M.-G. Dehesdin,	—	Sartiaux, Delaunay-Belleville, Wurgler.
A.-L.-E. de Diétrich,	—	du Bousquet, Gruner, Tachard.
J.-A. Drioton,	—	Cholet, Clerc, Cheuret.
E. Félix,	—	Mazen, Damoiseau, de Grièges.
J. Goncalves Chaves,	—	Loreau, Duprat, de Dax.
G. Grené,	—	Ed. Lippmann, E. Bert, Eug. Lippmann.
Ch.-A.M. Jacquet,	—	Bougarel, J. Niclausse, A. Niclausse.
P. Landais,	—	Compère, Chalon, Albertini.
D. Lanore,	—	Lespinas, Delpeuch, Chaillaux.
N.-E. Mavrogordato,	—	Dufour, Arnaud, Schrœder.
A.-A.-E.-F. Monfray,	—	Bonpain, Germain, Baron.
V. Passerat,	—	Willems. Desbrochers des Loges, Chapron.
G. Pommier,	—	Charton, E. Godfernaux, R. Godfernaux.
A.-A.-Ph. de Sizzo Norris,	—	Bernheim, Chouanard, Merzbach.
A. Stouls,	—	Loreau, Clermont, Rey.
J.-B. Vernay,	—	Moricand, Sautter, de Mestral.

Comme Membres Associés, MM. :

A.-J.-L. Borja de Mozota,	présenté par MM.	Duchesne, de Tedesco, Claparède.
E.-A. Jeanteur,	—	Duchesne, Claparède, Turgan.
L. Moineau,	—	Rancelant, Serre, Lippmann.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1898

PROCÈS-VERBAL

DE

L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE SEMESTRIELLE

DU 17 JUIN 1898 (1)

PRÉSIDENCE DE M. A. LOREAU, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

La Société étant réunie en Assemblée générale, conformément à l'article 17 des Statuts, pour entendre le compte rendu de la situation financière, M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT, Trésorier, pour la lecture de son rapport.

SITUATION AU 31 MAI 1898

MESSIEURS,

Le 1er décembre 1897 les Sociétaires étaient au nombre de. .	3 054
Du 1er décembre 1897 au 31 mai 1898, les admissions ont été de	175
formant un total de	3 229
Pendant le même laps de temps la Société a perdu, par suite de décès, démissions et radiations	51
Le total des membres de la Société au 31 mai 1898 est ainsi de	3 178

Le nombre des membres de la Société a donc augmenté de 124 pendant le premier semestre de 1898.

(1) Voir le compte rendu de la séance bimensuelle ordinaire, page 971.

Le bilan au 31 mai 1898 se présente comme suit :

Actif :

1° Le fonds inaliénable	Fr.	85 994,80
2° Les espèces en caisse		14 798,20
3° Les débiteurs divers		59 805,66
4° La souscription Flachat (compte d'ordre)		11 163,32
5° L'amortissement de l'emprunt		500 »
6° La bibliothèque		10 000 »
7° Le mobilier ancien		6 500 »
8° Les frais de premier établissement		15 269,18
9° L'immeuble nouveau		1 045 498,74
TOTAL	Fr.	1 249 529,90

Passif :

1° Les créditeurs divers	Fr.	31 696,76
2° Les Prix divers 1898 et suivants		6 999,65
3° Le monument Flachat (compte d'ordre)		10 868,37
4° L'emprunt		600 000 »
5° Les coupons		15 770,36
6° Le fonds de secours		94,20
7° Les frais de premier établissement		7 444,90
8° Les créditeurs sur immeuble nouveau		44 504,93
9° L'Avoir de la Société		532 150,53
TOTAL	Fr.	1 249 529,90

Nous allons passer en revue les divers éléments de ce bilan :

A l'ACTIF :

Le compte *Fonds inaliénable* ne présente pas de changement.

Le *Solde en caisse* est un peu plus élevé que la moyenne normale. Cela provient de ce que nous avons conservé dans ces derniers jours de mai une partie des fonds souscrits pour le cinquantenaire et que nous les avons disponibles.

Un compte nouveau a été ouvert : c'est celui de l'*Amortissement d'emprunt*.

Un de nos Collègues, en effet, nous a fait abandon de l'obligation qu'il avait souscrite, je l'en remercie.

Le compte d'ordre du *Monument Flachat* a subi, à l'actif comme au passif, une diminution d'environ 12 000 *f* provenant d'un paiement fait au sculpteur suivant décision du Comité du monument.

Les comptes *Bibliothèque*, *Mobilier ancien*, *Frais de premier établissement* ne sont point modifiés.

Le compte *Immeuble nouveau* a subi une légère augmentation de 1 047,15 *f* à l'article ameublement et matériel provenant de l'achat de divers objets : échelle, paravents pour les salles de location, achèvement du tableau noir, glaces diverses, etc.

PASSIF :

Les comptes *Impressions*, *planches*, *croquis*, *travaux en cours*, n'appellent aucune observation.

Le compte *Créditeurs divers* comprend diverses sommes que nous restons devoir en dehors des travaux de l'immeuble proprement dit.

La souscription au Cinquantenaire avait produit, au 31 mai, une somme nette de 10 155,95 *f* dont la contre-partie vous a été signalée à l'actif en augmentation du solde normal en caisse.

Nous avons parlé à l'actif du compte *Monument Flachat*.

Les *Prix divers* et le compte *Emprunt* ne donnent lieu à aucune remarque.

Les coupons sont portés pour la somme restant à payer sur chacun d'eux, et en outre, nous avons inscrit le coupon n° 5 échéant en juillet prochain pour 12 000 *f* sur lesquels, par suite de diverses sommes déjà payées, principalement à l'enregistrement, il reste 10 988,10 *f*.

Le compte *Premier établissement* n'a pas changé et sera soldé à bref délai, grâce à nos ressources disponibles.

Enfin, le compte *Immeuble* a été ramené de 64 386,83 *f* à 44 504,93 *f* par suite d'un paiement de 19 881,90 *f* fait, en prélèvement sur nos disponibilités, à certains entrepreneurs dont les comptes et les mémoires sont ainsi soldés.

Le règlement de ceux qui restent encore sera effectué à bref délai.

En résumé, notre actif qui n'était au 30 novembre 1897 que de.	Fr.	515 614,79
s'élève actuellement à.		532 150,53
Il a donc augmenté, dans le cours du semestre, de.	Fr.	16 535,74

Nous pouvons donc bien augurer de l'avenir.

Toutefois, il convient de remarquer que les résultats du second semestre sont toujours moins brillants par suite des mois de vacances pendant lesquels notre recrutement diminue ainsi que le nombre de nos locations.

Malgré cela, nous espérons atteindre, pour ces dernières, le chiffre de 25 000 *f* cette année. A ce sujet, je fais ici appel à nos Collègues appartenant à des administrations et à des sociétés financières pour leur rappeler que nos salles se prêtent à la tenue des assemblées générales qui sont une source importante de nos revenus.

Telle est, Messieurs, la situation financière actuelle de la Société. Comme vous le voyez, elle est bonne et nous permet d'avoir confiance.

BILAN AU 31 MAI 1898

ACTIF

1° Fonds inaliénable :			
a. Legs Meyer (nue propriété)	Fr.	10 000 »	
b. Legs Nozo 19 obligations du Midi		6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »		50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan 1 titre de rente 3 0/0		3 730 »	
e. Fondation Coignet » »		4 285 »	
f. Fondation Couvreux 11 obligations du Midi		4 857,75	
g. Don anonyme		6 750 »	
			85 994,80
2° Caisse : Solde disponible	Fr.		14 798 20
3° Débiteurs divers :			
Cotisations 1898		1 631 »	
Cotisations 1897 et années antérieures (après réduction de 50 0/0)	Fr.	7 643 »	
Intérêts des Obligations		1 014,45	
Banquiers et comptes de dépôt		49 347,21	
Dépôts de garantie		170 »	
			59 805,66
4° Souscription Flachat (compte d'ordre)	Fr.		11 163,32
5° Amortissement de l'Emprunt			500 »
6° Bibliothèque : Livres, catalogues, etc.			10 000 »
7° Mobilier ancien			6 500 »
8° Frais de premier établissement :			
Frais d'aménagement, réparations, installation provisoire	Fr.	7 895,29	
Fête d'inauguration		7 373,89	
			15 269,18
9° Immeuble nouveau :			
Terrain et frais	Fr.	398 660,30	
Terrasse		10 108 »	
Maçonnerie, sculpture, marbrerie		169 680,40	
Charpente, fer et bois		130 300,48	
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile		19 820,95	
Canalisation, pavage et divers		11 470,36	
Couverture et plomberie		28 794,40	
Fumisterie		30 151,75	
Serrurerie		56 932,05	
Menuiserie, parquets		58 006,95	
Peinture, vitrerie		29 249 »	
Installation gaz et électricité, appareillage		36 230,45	
Ameublement et matériel		33 446,30	
Pourboires construction Hôtel		2 090 »	
Honoraires		30 557,35	
			1 045 498,74
		Fr.	1 249 529,90

PASSIF

1° Créditeurs divers :			
Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours	Fr.	5 176,06	
Créditeurs divers		16 364,75	
Souscription cinquantenaire		10 155,95	
			31 696,76
2° Prix divers 1898 et suivants :			
a. Prix Annuel	Fr.	(mémoire)	
b. Prix Nozo		781,70	
c. Prix Giffard 1899		5 759,65	
d. Prix Michel Alcan		44,50	
e. Prix Coignet		97 »	
f. Prix Couvreux		316,80	
			6 999,65
3° Monument Flachat (compte d'ordre)	Fr.		10 868,57
4° Emprunt			600 000 »
5° Coupons :			
N°s 1 et 2. Échéance du 1er janvier 1897	Fr.	1 500,18	
N° 3. — 1er juillet 1897		1 047,08	
N° 4. — 1er janvier 1898		2 235 »	
N° 5. — 1er juillet 1898		10 988,10	
			15 770,36
6° Fonds de secours	Fr.		94,20
7° Frais de premier établissement :			
Frais d'aménagement, réparations et installation provisoire	Fr.	3 071,40	
Fête d'inauguration		4 373,50	
			7 444,90
8° Immeuble nouveau :			
Maçonnerie, sculpture, marbrerie	Fr.	17 000 »	
Charpente		13 070,23	
Ascenseur, monte-charges, plancher mobile		2 020,95	
Fumisterie		2 000 »	
Menuiserie		2 500 »	
Peinture, vitrerie		2 000 »	
Ameublement		3 538,40	
Honoraires		2 375,35	
			44 504,93
		Fr.	717 379,37
Avoir de la Société			532 150,53
		Fr.	1 249 529,90

M. LE PRÉSIDENT demande si quelqu'un désire présenter des observations.

Personne ne demandant la parole, M. le Président met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il est certain de devancer les désirs de la Société en lui proposant de voter des remerciements à M. de Chasseloup-Laubat, Trésorier, pour le soin et le dévouement avec lequel il remplit sa mission. Ces remerciements sont votés par acclamation.

Il ajoute que nous avons à nous féliciter de la situation financière, mais qu'il espère bien que nous mettrons en défaut l'observation de notre Trésorier relative à la diminution du recrutement pendant le second semestre. En cela, nous ne ferons que suivre l'exemple donné sous la présidence de M. Lippmann. Depuis le commencement de l'année, nous avons eu des préoccupations nombreuses, et nous pouvons mieux nous consacrer maintenant à obtenir des adhésions. Au reste, après l'éclat de nos fêtes, nous sommes dans d'excellentes conditions, et nous devons tous emporter des feuilles de demandes d'admission pour recruter des Membres dans notre entourage, pendant les deux mois de vacances.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans cette Assemblée générale, il a l'agréable mission de proclamer les lauréats des Prix Annuel, Michel Alcan et François Coignet.

Prix Annuel.

Le Prix Annuel est décerné à M. M. Duplaix pour son mémoire : *Résistance des matériaux; poutres droites à une travée et à appuis simples; théorie des convois périodiques et applications.*

M. LE PRÉSIDENT est heureux de remettre la médaille d'or de ce prix à un Collègue qui a su, quoique jeune, prendre une place enviable parmi les constructeurs. M. Duplaix vient d'être nommé Ingénieur adjoint à l'Ingénieur en chef chargé des installations et constructions métalliques à l'Exposition de 1900, M. J. Résal, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. Au Creusot, il a laissé, tant pour ses qualités d'homme que pour son talent d'Ingénieur, de vives sympathies dont M. le Président a été heureux de recevoir les témoignages nombreux lors de son récent voyage aux usines de M. Schneider, à l'occasion du deuil qui a été pour notre Société la cause de si légitimes et si douloureux regrets.

M. DUPLAIX remercie la Société d'une récompense que les paroles flatteuses de son Président lui rendent encore plus précieuse.

Prix Michel Alcan.

Le Prix Michel Alcan est attribué à M. Ch. Fremont pour son mémoire : *Études de chaudronnerie.*

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'il a commencé lui-même, en sortant de l'École, par faire des chaudières, qu'il assistait aux séances où M. Fre-

mont a rendu compte de ses travaux, et qu'il a lu avec un intérêt tout spécial le travail aujourd'hui couronné. Il y a trouvé des qualités d'observation dont il tient à féliciter notre Collègue, sur lequel la Société sera en droit de compter lorsqu'elle apportera son concours actif à l'application des méthodes d'essais qui y sont exposées. Il est heureux de remettre à M. Fremont la médaille d'or du Prix Michel Alcan.

M. Ch. FREMONT exprime sa reconnaissance pour la marque d'estime qui lui est donnée.

Prix François Coignet.

Le Prix François Coignet est décerné à M. E. Lippmann tant pour son étude sur *les Eaux artésiennes du Sahara* que pour l'ensemble de son œuvre scientifique et industrielle.

M. LE PRÉSIDENT éprouve un plaisir tout particulier à remettre à son prédécesseur immédiat la médaille d'or du Prix François Coignet. Chacun de nous connait les travaux de M. Lippmann, qui a été un intermédiaire fécond entre le monde industriel et le monde géologique de notre France, puisque, grâce à lui, on a pu mettre en valeur, d'une façon plus complète, les richesses de notre grande colonie. Après le concours absolu qu'il nous a donné lorsqu'il présidait la Société, M. Lippmann a tenu, cette année même, à nous le continuer en nous apportant, dans une discussion récente, des éléments d'appréciation d'une incontestable valeur.

M. E. LIPPMANN remercie les membres du Jury non seulement de lui avoir accordé le Prix Michel Alcan, mais surtout de l'avoir mis en situation d'entendre des paroles qui, venant de son successeur à la présidence, lui sont doublement précieuses.

La séance de l'Assemblée Générale est levée à neuf heures et quart.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 JUIN 1898

PRÉSIDENCE DE M. A. LOREAU, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à neuf heures et quart.

Le procès-verbal de la séance du 20 mai est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a reçu de M. P. Arrault une lettre où notre Collègue exprime son regret de n'avoir pu venir prendre part à la discussion qui a suivi l'intéressante communication de M. G. Rolland, et présente les observations suivantes :

« Bien que j'apprécie à leur juste valeur les travaux de M. G. Rolland sur la question des eaux du Sahara, je crois de mon devoir d'accorder à l'auteur de la recherche qui m'a été confiée au M'Zab, M. l'Ingénieur en Chef des Mines Jacob, la priorité de la proposition qui a été faite au Gouverneur Général, M. Cambon, par M. l'Inspecteur général des Mines Pouyanne, pour l'exécution de la recherche des eaux jaillissantes dans cette région.

« C'est à la suite de son voyage dans l'extrême sud algérien, en 1893, que M. Jacob a fait un rapport à son chef, qui en a référé à M. le Gouverneur Général. Celui-ci a compris aussitôt l'importance d'un résultat favorable, et j'ai été chargé d'exécuter ce sondage profond, prévu d'abord à 300 *m* et pouvant être poussé bien au delà avec les moyens mécaniques que j'ai installés.

» Actuellement le sondage a dépassé 200 *m* et n'a pas encore atteint la base des marnes cénomaniennes prévues primitivement avec cette puissance, mais les couches de passage entre les deux étages s'annoncent favorablement.

» Dans le cours du voyage que j'ai fait l'an dernier avec M. l'Ingénieur en Chef Jacob et M. Ficheur, chargé d'étudier la carte géologique d'Algérie, j'ai reconnu les affleurements des sables et grès néocomiens au sud de Laghouat sur une bande de 100 *km* du nord au sud. Ces mêmes couches s'étendent de l'est à l'ouest depuis Biskra jusqu'à la frontière du Maroc, soit environ 600 *km* ; c'est une surface d'imbibition de 60 000 km^2 qui a son importance et dont les altitudes dans la région de Laghouat (+ 700 à 1 000 *m*) sont bien supérieures au niveau du M'Zab, à Ghardaïa, où s'exécute le sondage (+ 500), et à toutes celles de l'Oued-Rhir'.

» Mesurées au Djebel-Milok, dont elles composent la majeure partie, les marnes cénomaniennes atteignent 200 *m*, et les sables et grès néocomiens évalués à 8 ou 900 *m* de puissance sont au-dessous, sur la route de Laghouat ; c'est dans ces sables, généralement secs, que vient au jour la

rivière de Laghouat, qui se perd un peu plus au sud, dans ce même étage.

» Dans la partie du Sahara traversée par la route de Ghardaïa, aussi bien celles des Dayas que des Shebkas, la direction générale des Oueds est tournée vers l'Oued-Rhir, d'abord nord-ouest sud-est et vers le sud ouest-est. J'incline donc, pour ces raisons, et d'après l'avis très compétent de M. l'Ingénieur en Chef des Mines Jacob qui a longtemps séjourné dans la province de Constantine, à croire, comme M. l'Ingénieur en Chef Rolland, que les eaux souterraines d'alimentation des puits artésiens de l'Oued-Rhir et du bas Sahara ont leur principale origine au nord nord-ouest.

» Mon principal but, par ma note actuelle, n'a été que de préciser la proposition d'application qui a été faite, par M. l'Ingénieur en Chef Jacob, d'une idée qui n'est pas récente, puisque M. l'Ingénieur en Chef Ville l'avait déjà exprimée en 1872, dans son très intéressant ouvrage sur la région du Béni-M'-Zab. »

M. LE PRÉSIDENT, montrant le cadran qui est posé dans la salle des séances, annonce qu'à l'occasion de l'admission de son fils à la Société, M. E.-L. Henry-Lepaute a fait installer provisoirement ce cadran qu'il remplacera par un régulateur électrique.

Il annonce d'autre part que M. P.-A. Darracq a fait don d'une somme de 100 *f.*

M. LE PRÉSIDENT est certain d'être l'interprète de la Société en adressant ses remerciements aux deux donateurs.

Parmi les ouvrages reçus M. LE PRÉSIDENT signale :

Les études et documents sur la construction des hôpitaux, par L. Borne, offert par M. Aulanier, éditeur;

Le Traité d'analyse des substances minérales, par Adolphe Carnot, Tome premier, offert par l'auteur;

Les divers ouvrages en russe remis à la Société par M. le Général de Wendrich, au nom de M. Le Ministre des Voies de communication de Russie;

La Télégraphie pratique, par L. Montillot, offert par l'éditeur M^me^ V^e^ Ch. Dunod;

L'Industrie minière de la Suède en 1897, par M. G. Nordenström, professeur d'exploitation des mines à l'École des Mines de Stockholm, offert par M. Merzbach;

Le Manuel de l'Inventeur, par M. Blétry, offert par l'auteur.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le Bureau et le Comité ont décidé de donner une certaine ampleur aux procès-verbaux relatifs aux fêtes du cinquantenaire. Ces procès-verbaux seront insérés dans un volume qui s'ajoutera aux deux volumes dus au travail si rapide, et néanmoins si réellement intéressant, de nombreux membres de la Société.

Il saisit cette nouvelle occasion de les remercier, et il ajoute que, dans le résumé qu'il a présenté à M. le Président de la République, il n'a fait que mettre en œuvre les matériaux apportés par eux. Cette collaboration intime a été, aux yeux de nos hôtes, une preuve de la puissance de notre Société.

Il adresse aussi nos vifs remerciements à notre collègue M. P. Roger, Commissaire Général des fêtes, qui s'est multiplié pendant ces quatre journées.

Il tient à constater en séance combien nous nous sommes unanimement réjouis des récompenses honorifiques décernées à l'occasion de notre Cinquantenaire; nous avons été particulièrement sensibles à la distinction accordée à notre dévoué vice-président, M. Rey, dans des circonstances qui prouvent quelle excellente impression a produit sur le premier Magistrat du pays la séance où nous avons eu le grand honneur de le recevoir. La décision n'a été prise qu'à la fin de cette séance, et c'est la croix portée par le général Hagron qui a été mise sur la poitrine de notre ami.

M. le Président rappelle à nouveau les nominations suivantes, faites à l'occasion des fêtes du Cinquantenaire :

Chevalier de la Légion d'Honneur : M. L. Rey, Vice-Président de la Société ;

Officier de l'Instruction Publique : M. P. Regnard, Membre du Comité de la Société ;

Officiers d'Académie : MM. P. Jannettaz, A. Lavezzari, R. Soreau, Secrétaires de la Société ; L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier de la Société, Commissaire-adjoint du Gouvernement à l'Exposition de Bruxelles ; E.-A. Bougenaux, E. Diligeon ;

Chevaliers du Mérite Agricole : MM. G. Dumont, E. Badois, Vice-Présidents de la Société.

Les titres de nos Collègues aux distinctions accordées avaient à l'avance parlé pour eux. Parfois même, comme pour notre excellent Trésorier, nous trouvions proposition et dossier déjà régularisés.

M. LE PRÉSIDENT rappelle en outre que M. Porte, Chef de l'Harmonie du Chemin de fer du Nord, a été nommé Officier d'Académie à la séance du 11 juin. Cette excellente fanfare avait été mise gracieusement à notre disposition par notre ancien Président, M. du Bousquet ; il est heureux d'adresser nos remerciements à notre éminent Collègue, et nos félicitations à M. Porte.

Enfin, M. le Président est heureux de redire qu'en toute occasion, dans tous les ministères, il a recueilli les agréables preuves de la sympathie unanime que notre Société a su s'acquérir.

M. G. DUMONT, vice-président, demande la parole et s'exprime en ces termes :

« CHER PRÉSIDENT,

» J'avais l'honneur d'être, il y a un instant, l'interprète de nos Collègues du Bureau et du Comité en vous remerciant de la brillante organisation de nos fêtes du Cinquantenaire.

» Permettez-moi de témoigner de nouveau, et en séance, au nom de la Société tout entière, les sentiments de profonde reconnaissance que nous ressentons pour notre Président.

» Grâce à votre autorité personnelle et à votre merveilleux talent de parole, mon cher Président, la Société des Ingénieurs Civils de France a été représentée avec éclat devant le Chef de l'État et nos nombreux invités.

» Le prestige de notre grande Société en a été très certainement rehaussé.

» Grâce encore à votre influence, elle a été honorée dans la personne de l'un de ses membres les plus dignes et les plus sympathiques, M. le vice-Président Rey.

» Je crains de n'exprimer que bien imparfaitement, cher Président, les sentiments que ressentent pour vous tous nos collègues, les paroles étant quelquefois impuissantes à traduire les impressions profondes et intimes de notre cœur. » (*Applaudissements prolongés.*)

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Dumont et toute l'Assemblée de cette manifestation sympathique. Lorsqu'il sut qu'on se proposait de lui adresser des remerciements en séance, son premier mouvement avait été de s'y dérober; maintenant, il est heureux d'être venu, de recevoir l'assurance qu'il n'était pas resté au-dessous de sa tâche, et de donner à la Société une occasion de montrer à quel point nous sommes tous unis.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de MM. :

Aug. Milinaire, Membre de la Société depuis 1885. Constructeur de charpentes en bois et en fer ;

A. Hureau de Villeneuve, Membre de la Société depuis 1878. Lauréat de l'Institut, Secrétaire de la Commission aéronautique de l'Exposition de 1900 ;

F. Morane, Constructeur-Mécanicien, Officier de la Légion d'Honneur, Membre de la Société depuis 1886, ancien Maire du XIII^e^ Arrondissement, ancien Conseiller municipal et général de la Seine ;

G. Margaine, Directeur de la Compagnie des Accumulateurs Blot, l'un des collaborateurs du volume du Cinquantenaire, Officier d'Académie. M. Blot nous a fait parvenir le texte de l'allocution qu'il a prononcée aux obsèques de notre regretté Collègue ;

Le Commandeur A. Cottrau, Membre de la Société depuis 1864, qui occupait en Italie une situation fort importante dans les chemins de fer et dans les Conseils gouvernementaux. Notre Collègue M. P. Boubée, a bien voulu représenter notre Société aux obsèques de M. Cottrau et prononcer quelques paroles sur sa tombe.

Ces allocutions seront insérées au *Bulletin*.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les nominations suivantes :

M. E. Acker a été nommé Chevalier de la Légion d'Honneur à la suite du voyage de M. le Président de la République en Russie ;

MM. Raffard et Ch. Compère ont été nommés Chevaliers de l'Ordre de Léopold.

M. LE PRÉSIDENT annonce que notre Collègue M. Joseph François, Ingénieur à Seraing, a obtenu le prix Somzée de 25.000 francs, décerné à l'auteur d'un progrès réalisé et d'une solution donnée suivant un programme déterminé.

Ont été nommés :

1° Membres du Conseil d'administration de l'Office national du Commerce extérieur : MM. H. Menier et Ch. Vincent.

2° Membre du Comité de Direction de l'Office National du Commerce extérieur : M. Ch. Vincent.

3° Conseillers du Commerce extérieur : MM. Léon Appert ; Léopold Appert ; L. Chenut ; J. Coignet ; H. Daydé ; L. Delaunay-Belleville ; J. Gouin ; F. Honoré ; J. Japy ; A. Loreau ; A. Maury ; H. Menier ; E. Mercet ; E. Pereire ; A. Peugeot ; E. Schneider ; Valère Mabille.

4° Au Comité technique de l'Electricité à l'Exposition de 1900 : M. H. Fontaine, vice-Président ; MM. H. Beau ; Cance ; J. Carpentier ; E. Clémançon ; A. Doumerc ; G. Dumont ; A. Farcot ; E. Harlé ; A. Hillairet ; E. Hospitalier ; H. Menier ; D. Monnier ; L. Parent ; A. Postel-Vinay ; E. Sartiaux ; L. Weiller, membres ; MM. Miet ; M. de Nansouty, secrétaires.

5° Au Comité technique des Machines à l'Exposition de 1900 : MM. E. Richemond, vice-Président ; MM. E. Bariquand ; B. Bassères ; Ch. Baudry ; F. Bougarel ; A. Bougault ; E. Bourdon ; G. du Bousquet : A. Cazaubon ; Ch. Compère ; P. Darblay ; F. Dehaitre ; N. Duval-Pihet ; L. Edoux ; P. Farcot ; L. Féray ; B. E. Garnier ; M. Gény ; Colonel A. Laussedat ; J. Leblanc ; P. Le Gavrian ; A. Liébaut ; E. Lustremant ; A. Muller ; S. Périssé ; A. Piat ; E. Polonceau ; F. Reymond ; A. Rouart ; L. Salomon ; L. Sautter ; E. W. Windsor, membres ; A. de Dax, secrétaire ;

6° Au Comité consultatif des Chemins de fer : MM. E. Gruner ; E. Lahaye ; Ch. Prevet ; F. Reymond ; X. Rogé.

M. le Président annonce que M. Marcel Delmas vient d'être chargé d'une mission officielle aux États-Unis et au Canada, pour y étudier le développement des installations électriques, et que notre Collègue se met à la disposition de ceux d'entre nous qui désireraient entrer en rapport avec lui à l'occasion de ce voyage.

M. le Président a reçu de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes les deux avis suivants :

1° Le gouvernement impérial de Russie a reconnu la nécessité de faire draguer la rade de Port-Arthur à la profondeur de 10,70 *m* ; le programme définitif des travaux sera établi ultérieurement ;

2° La municipalité d'Alexandrie a voté de très importants travaux d'assainissement : quais, égouts, filtre, etc., pour lesquels il a été prévu une dépense de près de 15 millions de francs ; le plan de ces travaux et la combinaison financière qui permettra d'y faire face sont actuellement soumis à l'approbation du gouvernement égyptien.

M. le Président, obligé de partir en voyage par un des trains du soir, cède le fauteuil à M. L. Rey, Vice-Président, qui donne la parole à M. F. Delmas pour sa communication sur un *Nouveau système de vitrerie sans mastic*, de M. H. Murat.

M. F. Delmas dit que dans une notice publiée récemment, M. Murat, membre de notre Société, décrit un nouveau système de vitrerie fort rationnel qui semble posséder de sérieuses qualités et doit être appelé à un grand avenir bien qu'il modifie les idées généralement ad-

mises et un peu routinières que nous possédons sur cette partie importante de la construction.

Le plus souvent, le verre est intimement lié à l'ossature qui le porte au moyen de mastic ; il en résulte que sous l'influence d'une variation de température, sous l'action d'une surcharge accidentelle quelconque qui fait fléchir les petits bois, ou bien d'un tassement inégal dans les fondations (ce qui se rencontre fréquemment dans les constructions neuves), il se produit une déformation des surfaces d'égout qui occasionne dans le verre des tensions anormales ; la moindre vibration, le plus petit choc en provoquent la rupture.

De plus, sous l'influence des mêmes causes, le mastic se dessèche et se crevasse. La jonction devient imparfaite, et la couverture n'est plus étanche.

D'autres systèmes reposent sur le serrage du verre entre deux joues rigides assemblées sur place et préalablement garnies de bourrelets compressibles. Mais les tassements et flexions du comble se répercutent dans les surfaces vitrées ; puis, au bout d'un certain temps, la bande molle faisant le joint se durcit et occasionne des infiltrations. En outre, les jonctions des verres en bout, l'établissement de noues, chassis ouvrants, etc..., sont impossibles, ce qui empêche ces systèmes de se généraliser.

Les anciens procédés de vitrerie présentent donc deux défauts très graves : fragilité du verre et perméabilité des joints ; outre les accidents ou dommages qu'ils peuvent occasionner, ces défauts nécessitent des réparations constantes et onéreuses.

C'est pour obvier à ces inconvénients que M. Murat nous présente son nouveau système de vitrerie sans mastic ; le fer et le verre tout en y étant disposés pour former une vitrerie étanche, sont absolument libres dans leurs mouvements, de manière que ces deux matériaux hétérogènes puissent se comporter chacun selon ses propriétés propres, tant pour les dilatations calorifiques que pour les flèches élastiques. Outre l'avantage de joints étanches, on peut employer des feuilles de verre de dimensions beaucoup plus grandes que celles habituellement usitées.

Pour réaliser ce but, les feuilles de verre *sont simplement posées sur des fers spéciaux, obtenus directement par laminage, et présentant de chaque côté de l'âme verticale une gorge profonde destinée à récolter et à évacuer les eaux qui pourraient s'introduire dans le joint. Un couvre-joint en zinc est placé à cheval sur la crête du fer auquel il est fixé au moyen d'une agrafe en cuivre, cette agrafe passe dans une mortaise pratiquée dans ladite crête, puis sort au travers du couvre-joint, et se rabat de chaque côté de manière à former une véritable ligature.* Ces agrafes placées de distance en distance, tous les 0,30 *m* ou 0,40 *m* environ, assurent le contact du couvre-joint sur le verre, et procurent même *une légère pression* qui maintient en place les différentes parties du système tout en étant insuffisante pour les solidariser.

Pour réduire la rentrée des poussières et de l'eau dans les gorges du petit bois, on peut interposer sous le couvre-joint, entre le verre et l'âme du fer, une bande de feutre maintenue par des crochets spéciaux dits presse-verre ; *ces crochets ont aussi pour mission, comme leur nom l'indique,*

de maintenir en place la feuille de verre et d'empêcher son soulèvement par les coups de vent.

Enfin, pour compléter son système, M. Murat préconise l'emploi *de verres spéciaux présentant des nervures longitudinales espacées de 0,117* m *d'axe en axe; les feuilles sont coupées de telle sorte qu'elles soient munies d'une nervure sur chaque rive; elles forment ainsi arrêt d'eau sous le couvre-joint métallique, ce qui offre une plus grande sécurité contre les infiltrations.*

La pose d'une telle vitrerie se fait très rapidement sans l'aide d'ouvriers spéciaux ou exercés, les différentes parties étant préparées d'avance par un outillage qui les débite mécaniquement sur gabarit exact, de manière à éviter sur place tout travail inutile.

Son prix de revient est ainsi sensiblement le même que celui d'une vitrerie ordinaire, mais l'économie est grande si l'on tient compte des dégâts et des réparations qu'elle évite. De plus elle est essentiellement démontable, ce qui rend son emploi précieux pour toutes les constructions provisoires, depuis la baraque volante établie sur le chantier jusqu'à nos grands bâtiments d'exposition.

Pour terminer cette description sommaire, M. Delmas dit que toutes les difficultés qui se rencontrent ordinairement dans la vitrerie des combles, telles que joints horizontaux aux extrémités des feuilles de verre, noues, arêtiers, châssis ouvrant, versants courbes, etc., sont résolues par M. Murat d'une façon fort élégante et sûre, et donnant toutes garanties; car il observe toujours scrupuleusement le principe admis de supprimer complètement le mastic, et d'établir les différentes parties de la vitrerie à repos libre, de manière à éviter cette solidarité de la charpente avec le verre, que l'on rencontre dans tous les autres systèmes, et qui est fort préjudiciable à tous les points de vue.

M. P. Bonneville dit que le système qui vient d'être indiqué lui paraît peu simple et susceptible d'applications assez limitées. Au contraire, les fers à T ordinairement employés se trouvent partout, et les inconvénients qu'on a signalés pour le mastic ne se produisent que s'il est mauvais ou mal posé.

M. le Président remercie M. Delmas de nous avoir fait connaître une disposition ingénieuse; si elle ne convient pas à tous les cas, elle pourra du moins être employée avec avantage pour certaines constructions spéciales.

Puis il donne la parole à M. F. Chaudy pour résumer son mémoire sur la *Résistance des bateaux à la traction.*

M. F. Chaudy estime qu'on peut laisser de côté l'effet de l'hélice, en vertu du principe de l'indépendance des effets des forces. Cela étant, la résistance à la traction se compose de deux termes: 1° frottement contre la paroi immergée; 2° diminution de la pression à l'arrière et augmentation de la pression à l'avant. Un troisième terme provient de l'agitation du liquide, mais sa valeur est comparativement faible; il n'en sera donc pas tenu compte.

N'ayant en vue que la recherche de principe, l'auteur prend un bateau

de forme simple : fond plat, bords verticaux, proue et poupe triangulaires et égales. Il admet que le niveau de l'eau s'abaisse à l'arrière d'une quantité constante a, et s'élève à l'avant de la même quantité. La valeur de a est d'ailleurs faible à côté du tirant d'eau h, de telle sorte qu'on peut la négliger dans la recherche du travail de frottement T_1; elle joue, au contraire, un rôle important dans le travail des pressions T_2.

Des expressions de T_1 et de T_2, M. Chaudy déduit, par des applications numériques, que, pour des bateaux de tonnage et de maître-bau déterminés, il ne faut pas, aux faibles vitesses, diminuer l'angle de proue et de poupe, tandis qu'il convient d'affiner les formes aux grandes vitesses.

Il y a intérêt à diminuer la valeur de a : ce serait dans ce but qu'on relève la fonçure à l'avant pour les bateaux se mouvant à la surface de l'eau. — Pour les bateaux sous-marins, où il ne se produit pas d'abaissement ni de surélévation, le travail de pression est tout différent. — Enfin, pour les bateaux rouleurs, on aurait constaté que l'abaissement à l'arrière était plus faible avec rotation que sans rotation; mais la diminution de la non-pression à l'avant a lieu au détriment de la force motrice qui fait tourner les roues, car celles-ci entraînent, dans une certaine mesure, les molécules d'eau situées près de leurs parois. La résistance due au frottement est assurément diminuée, mais ce sont les pressions à l'avant qu'il faudrait réduire : aussi le système du bateau rouleur ne résout-il pas le problème d'une façon meilleure que le bateau ordinaire avec proue en pointe et fond relevé à l'avant.

M. Duroy de Bruignac ne se propose pas de critiquer l'étude de M. Chaudy, qu'il considère comme très intéressante et vigoureusement conduite; il voudrait plutôt présenter des observations parallèles sur quelques points qu'il a examinés de plus près.

L'écart principal entre notre Collègue et lui est peut-être relatif au sinus cube, bien que le mode de calcul de M. Chaudy ne s'en écarte pas entièrement. A ce sujet, M. de Bruignac, voyant l'utilité de mieux expliquer sa pensée, écrivait dernièrement à M. le Président :

« ... 1° Pour l'eau, il me paraît résulter d'essais et de calculs précis que la résistance à l'avancement d'une carène, en dehors du frottement, est exactement la somme des pressions élémentaires, chacune multiple du sinus cube de l'angle d'incidence qui lui correspond ; moyennant que l'on comprenne dans cette somme toutes les surfaces affectées par la translation, non seulement les surfaces avant qui éprouvent l'effet de rencontre, mais aussi les surfaces arrière subissant une contre-pression ou une aspiration. Lorsqu'on mesure la résistance à l'avancement, d'une part et que, d'autre part, on applique la formule du sinus cube à la surface avant seulement, les résultats sont en désaccord, parce qu'on n'a pas fait intervenir toute la surface intéressée.

» 2° Pour l'air, les essais suffisants manquent; mais divers motifs me font penser : que la résistance à l'avant d'un fuseau suit d'assez près la loi du sinus cube ; que les contre-pressions ou aspirations à l'arrière d'un fuseau assez effilé sont très peu importantes. »

En ce qui concerne l'eau, la démonstration de l'énoncé précédent se

trouve dans un petit volume dont M. de Bruignac espère que la Société voudra bien, lorsqu'il paraîtra, accepter l'hommage. M. de Bruignac commence par y poser un principe rationnel, base de son système de calcul, et en étudie l'adaptation au bateau et à l'hélice. Ensuite, il l'applique à un exemple considérable, indiqué comme le meilleur par le Ministère de la Marine, et compare les résultats observés et calculés : ils coïncident exactement, ce qui est une confirmation du principe, d'ailleurs rationnel. Cette étude signale, en outre, des améliorations de construction qui pourraient, au dire de notre Collègue, donner une économie de 30 0/0 sur la force motrice.

Le principe rationnel admis par M. de Bruignac est le suivant :

« L'eau étant incompressible, les pressions doivent se transmettre au travers d'elle comme au travers d'un corps dur, non seulement lorsque l'eau est immobile, mais quelque tumultueuse qu'elle soit pourvu que la continuité existe. Par suite, les actions exercées de l'autre côté d'une couche d'eau plus ou moins épaisse atteignent le bateau comme si elles s'exerçaient immédiatement à sa surface. Là, ces actions se composent entre elles, sans doute ; mais comme le travail de la résultante égale la somme des travaux des composantes chacune sur sa direction, on obtient le résultat exact en calculant séparément le travail de chaque action considérée. On peut donc calculer toutes les actions appliquées à la carène ou à l'hélice comme si elles s'exerçaient sur leur surface, immédiatement et isolément. — Par suite, on peut calculer le travail en un point, soit par composante isolément, soit par groupes de composantes formés arbitrairement. »

Suivant M. de Bruignac, ce principe conduit à généraliser la formule du sinus cube, qui convient, affirme-t-il, à l'avant d'une surface élémentaire.

Parmi les observations de détail que son étude lui a signalées, M. de Bruignac cite les suivantes :

Lorsqu'on calcule le frottement d'une carène par une formule rationnelle, il convient de ne faire intervenir que les surfaces avant et la partie cylindrique ; parce que le frottement sur toutes les surfaces arrière est à la charge de la pesanteur seule, qui cause le mouvement de l'eau suivante, sans que le moteur en soit aucunement grevé.

La résistance de l'avant d'une carène est fonction des angles de la proue. Car l'eau refoulée par la proue s'élève d'autant moins haut et d'autant moins vite qu'elle peut s'étaler sur une surface oblique plus longue.

En dehors de toute dénivellation du plan d'eau, il n'y a pas de contre-pression arrière résultant de la translation, parce que l'eau suivante n'afflue qu'avec la vitesse de fuite du bateau.

Relativement au bateau rouleur, M. de Bruignac ne partage pas l'espérance, pourtant très réservée, de M. Chaudy. Il paraît assez difficile d'analyser à peu près exactement l'effet de ces bateaux. Dans un essai de calcul, M. de Bruignac a trouvé qu'un bateau rouleur à quatre lentilles, plongeant de la moitié du rayon, donne à peu près autant de frottement que le bateau ordinaire comparable, c'est-à-dire celui ayant sa coque portée par deux carènes de même couple et de même proue

que les lentilles : cela tiendrait surtout au frottement vertical, d'immersion et d'émersion, que n'a pas le bateau ordinaire. Mais la résistance de rencontre, que, suivant notre Collègue, le roulement ne change pas, serait proportionnelle au nombre des proues, et par conséquent deux fois au moins plus grande pour le rouleur que pour le bateau ordinaire comparable. En sorte que le rouleur serait, en fin de compte, désavantageux. Quant à la diminution observée des ménisques, elle s'expliquerait par les frottements verticaux, etc.

N'ayant pas eu l'occasion d'observer de bateau sous-marin, M. de Bruignac se bornera, à ce sujet, à une remarque très réservée. D'après le principe de moindre résistance, il lui semble que l'eau refoulée devrait monter verticalement, et qu'une autre eau devrait descendre de même pour combler le vide virtuel laissé par le bateau. En sorte que, pour toute profondeur d'immersion du bateau, il y aurait au dessus de lui, à la surface de l'eau, un remous et une dépression correspondant verticalement à la proue et à la poupe. Il serait intéressant d'observer, en eau calme, si quelque chose de semblable se produit.

M. E. Pérignon remarque que M. Chaudy a supposé l'eau en repos, ce qui est l'exception, et que sa théorie est gravement compromise s'il s'agit de naviguer sur mer.

Quant au bateau Bazin, qu'il a vu fonctionner, une des multiples causes de son échec provenait de ce que les roues faisaient l'effet de roues élévatoires, entraînant de l'eau qui se répandait jusque sur le pont ; aussi avait-on essayé de mettre des lames de caoutchouc sur les disques. De plus, la transmission était détestable : l'arbre attaquait les roues avec une inclinaison d'au moins 45°. La vitesse a été de 4 à 5 nœuds, alors qu'on avait compté sur 25 à 30.

M. Pérignon conteste le fait fondamental admis par M. Chaudy, et d'après lequel il y aurait dépression à l'arrière. Dans les nombreux navires qu'il a observés, il a remarqué, au contraire, une surpression à l'arrière comme à l'avant, avec creux vers le milieu, en sorte que le bateau navigue entre deux collines.

Dans une récente conversation, M. Normand, passé maître en ces questions, lui disait que la forme très fine de l'avant ne réduit pas la résistance autant qu'on le croit, et citait cet exemple : en 1881, les torpilles étaient terminées par un cône aigu ; M. Normand demanda au Ministère de la Marine à faire la proue ellipsoïdale, et il obtint la même vitesse, tout en augmentant la stabilité et la charge de l'engin.

M. F. Chaudy répond, en ce qui concerne l'eau en mouvement, qu'il suffirait, pour rentrer dans le cas qu'il a considéré, de supposer qu'on donne à l'ensemble, eau et bateau, une vitesse égale et de sens contraire à celle de l'eau. D'autre part, il estime que l'abaissement du niveau à l'arrière est incontestable, que les dénivellations sur les flancs échappent au calcul et n'ont pas d'ailleurs la même importance que l'abaissement à l'arrière et la surélévation à l'avant.

Quant à ce qui vient d'être dit des torpilles, ces engins sont des bateaux sous-marins, et cette question est toute différente de la théorie en discussion.

M. R. Soreau critique une opinion émise au début du mémoire de M. Chaudy, d'après laquelle les effets de l'hélice pourraient être considérés isolément, en vertu du principe de l'indépendance des effets des forces. Ce principe, rigoureusement exact pour les abstractions de la mécanique rationnelle, suffisamment vérifié dans la plupart des problèmes de la mécanique appliquée, ne serait rien moins que certain pour les phénomènes où intervient d'une façon prépondérante le mode d'écoulement des fluides. Il n'insiste pas autrement sur les singularités de ces phénomènes, singularités qu'il a signalées dans une discussion récente, et qui rendent l'étude de l'Hydrodynamique si déconcertante et si délicate.

Quoi qu'il en soit, la résistance sur une carène remorquée se compose de quatre termes principaux : 1° résistance directe, qui comprend les effets de choc sur la proue et de succion sur la poupe ; 2° frottement ; 3° remous ; 4° résistance due au sillage. Or, M. Chaudy ne considère pas les deux derniers termes, bien qu'ils aient une valeur considérable avec la forme de carène qu'il a choisie.

Cette forme, géométriquement simple, donne lieu à un écoulement très compliqué, et ne facilite réellement les calculs que si l'on néglige des termes essentiels, comme les remous et le sillage. Une semblable manière d'opérer, conforme aux tendances géométriques d'autrefois, est en désaccord avec les conceptions modernes de l'Hydrodynamique ; depuis les belles recherches de William Rankine, on se préoccupe, non pas de faire des calculs contestables sur des formes géométriques pratiquement condamnées, mais, au contraire, de déterminer des formes de carènes correspondant à un écoulement sans sillage ni remous.

Il y a donc lieu, *a priori*, d'avoir quelques doutes sur l'exactitude des expressions obtenues par la méthode de M. Chaudy. Ces expressions sont, du reste, assez compliquées ; il est vrai que l'auteur aurait pu les simplifier beaucoup ; ainsi, le travail des pressions se ramène facilement à la forme binôme :

$$T_1 = \frac{2}{3}\, 1\,000\, \lambda v a^2 \left[1 + 2\left(\frac{h}{a}\right)^{\frac{3}{2}}\right].$$

On peut même, sauf pour les navires à très faible tirant d'eau, prendre la forme monôme :

$$T'_1 = \frac{4}{3}\, 1\,000\, \lambda v a^{\frac{1}{2}} h^{\frac{3}{2}}$$

L'erreur relative est moindre que $\frac{1}{2}\left(\frac{a}{h}\right)^{\frac{3}{2}}$, c'est-à-dire qu'elle est généralement insignifiante, car la dénivellation est toujours très faible. Cette expession peut ainsi s'écrire :

$$T'_1 = KSh^{\frac{1}{2}} v^2 \sin \alpha$$

K étant un coefficient numérique et S la surface plongée du maître-bau. Or, tous les auteurs admettent que le travail direct est sensiblement proportionnel à v^2 et à S, et non pas à v^2 et $Sh^{\frac{1}{2}}$.

Enfin, M. Soreau conteste la dénivellation à l'arrière, sur laquelle est

basée la théorie de M. Chaudy. Non seulement la dénivellation ne reste pas constante, sur tout le dièdre arrière, mais les intumescences suivent, comme le disait fort justement M. Périguon, des lois très compliquées ; elles se répartissent le long de la carène, en une ou plusieurs ondes, suivant la quantité d'eau soulevée par le passage du bateau.

M. F. Chaudy ne trouve pas ces démonstrations péremptoires ; il aurait désiré qu'à son mémoire M. Soreau eût répondu par un autre mémoire, que chacun aurait pu étudier. Il n'a pas eu la prétention de faire un calcul rigoureusement exact, mais de se rapprocher suffisamment de la vérité, en admettant des simplifications comme on le fait toujours en mécanique appliquée, de façon à bien dégager l'importance relative des deux termes du travail. Il cite des exemples de calculs reposant sur des hypothèses dont l'exactitude n'est pas absolue, et qui conduisent cependant à des résultats parfaitement applicables dans la pratique.

M. G. Parrot demande à rectifier plusieurs assertions relatives au bateau rouleur. Il a directement collaboré aux expériences faites en présence d'un petit nombre de personnes, et déclare que les essais n'avaient qu'un but : se rendre compte des résultats produits par le roulement. On n'ignorait pas, en effet, que le bateau, construit d'après les idées de M. Bazin, était défectueux, et qu'on n'obtiendrait pas les résultats indiqués par l'inventeur.

Or, le bateau, marchant sans roulement, en utilisant simplement son hélice, donnait 4 nœuds 1/2, avec une puissance de 112 *ch* sur l'arbre ; en appliquant sur les rouleurs une puissance de 25 *ch*, on obtint une vitesse sensiblement supérieure à 6 nœuds ; un ingénieur de l'Amirauté anglaise calcula que cette puissance de 25 *ch*, si elle avait été appliquée à l'hélice, n'aurait porté la vitesse qu'à 5 nœuds à peine. Cette expérience a été relatée dans un procès-verbal qui existe dans notre Bibliothèque. Si donc le bateau rouleur n'a pas donné ce que l'inventeur en espérait, il n'en est pas moins établi que le roulement diminue notablement la résistance.

M. L. de Chasseloup-Laubat résume brièvement, en raison de l'heure avancée, les nombreuses observations qu'il aurait à faire sur le mémoire de M. Chaudy.

Le travail de frottement a été calculé d'après une hypothèse qu'il n'a pas l'intention de discuter. Quant au travail des pressions, son calcul conduit à une conséquence contraire à toutes les observations. M. de Chasseloup a vu nombre de bateaux à vapeur et de bateaux à voile ; sans parler des premiers, où l'hélice change tout à fait le mode d'écoulement, il n'a jamais constaté de dépression à l'arrière, quelle qu'ait été la forme, à quelque vitesse que l'on ait marché. C'est là une question de fait. Dans ces conditions, il demande à M. Chaudy si une formule peut être bien juste quand elle conduit à des résultats en opposition avec tout ce que l'on a observé.

D'autre part, M. de Chasseloup-Laubat pense, comme M. Soreau, qu'on ne peut séparer la question des remous de la question des pressions sur la carène. On sait d'ailleurs depuis fort longtemps que les

formes pleines sont avantageuses aux petites vitesses et que les formes affinées sont nécessaires aux grandes vitesses. M. Chaudy ne nous apprend rien sur ce point.

En ce qui concerne l'observation de M. Pérignon relative aux torpilles, M. de Chasseloup-Laubat apporte l'opinion qui lui a été donnée par des ingénieurs de l'Amirauté anglaise ; il est exact que la forme renflée ne paraît pas diminuer la vitesse, mais cette forme a été adoptée dans une intention militaire, pour porter en avant le centre de gravité de la charge et le rapprocher de la carène à enfoncer. Il n'est pas démontré que la stabilité en soit beaucoup améliorée, car l'on a recouru au gyroscope.

Quant au rouleur Bazin, notre Collègue montre des photographies qui font voir, non pas une dépression, mais une montée à l'arrière. Ainsi l'hypothèse de M. Chaudy n'est pas mieux vérifiée dans ce cas que dans celui des bateaux remorqués, où M. de Chasseloup-Laubat a souvent pris place, sans jamais constater de dénivellation.

M. F. Chaudy pense qu'on ne peut juger ce qui se produit si l'on est à bord du bateau. Quant à lui, il a souvent observé de la berge des bateaux remorqués, et la dépression était très visible.

M. L. de Chasseloup-Laubat dit que ce n'est pas en observant un bateau qui passe qu'on se rendra véritablement compte du phénomène, car les intumescences peuvent donner lieu à une illusion d'optique. Si ce sont là les raisons de M. Chaudy, il en conteste le bien-fondé, et voudrait que la dépression lui fût prouvée par une mesure effective. Il affirme avoir souvent mesuré les dénivellations sur les bateaux eux-mêmes, ce qui est la seule façon sérieuse d'opérer. Il termine en remarquant que si même il y avait dépression avec des formes très pleines à l'arrière, la théorie de M. Chaudy n'en resterait pas moins inexacte puisque, avec les formes usuelles, on observe une montée à la poupe. Parfois même cette montée est si forte sur les canots remorqués que l'on craint de *remplir par l'arrière*.

M. le Président remercie M. Chaudy de son intéressante communication et se félicite de la discussion qu'elle a provoquée.

Puis il donne la parole à notre sympathique Collègue russe M. Belelubsky, qui désire nous présenter quelques observations sur les chemins de fer de son pays. Notre Collègue vient d'interrompre, pour assister aux fêtes du Cinquantenaire, son inspection générale du réseau de la Russie méridionale, où fonctionnent les machines compound de M. Mallet. Les documents qu'il apporte sont donc tout récents.

M. N. Belelubsky veut simplement attirer l'attention sur diverses circonstances liées à l'amélioration du réseau de la Russie européenne, dont on s'est peu occupé à l'étranger, tandis qu'on s'intéressait vivement à la ligne de Sibérie et au chemin de fer transcaspien.

Le gouvernement impérial se préoccupe beaucoup de le développer, soit en créant des lignes parallèles à celles qui existent, soit en reliant par des lignes plus courtes des points déjà reliés. C'est ce que M. Belelubsky montre sur la carte ; la ligne Pétersbourg-Moscou, notamment, a été doublée.

Pour nombre de ces voies, les difficultés techniques ont été considérables : lacs, forêts, marais très étendus, s'y trouvent en grand nombre, surtout dans les régions peu habitées ; parfois les rivières se perdent sur le sol pendant plusieurs kilomètres. En certains endroits, tandis qu'on faisait les terrassements, on enfonçait jusqu'à 9 *m* ; aujourd'hui les chemins de fer y circulent.

M. Belelubsky intéresse vivement son auditoire en faisant projeter de très belles photographies de ces régions d'un pittoresque si particulier. Sur ces photographies, on voit de nombreux ouvrages d'art, des lignes ferrées posées sur pilotis pendant de très longs parcours ; et on comprend le très grand effort qui a été fait pour compléter le réseau de la Russie européenne, au grand avantage du commerce et de la défense.

M. le Président remercie vivement M. Belelubsky, qui ne manque jamais, lors de ses passages à Paris, de nous apporter une communication sur l'état industriel d'un pays auquel nous sommes si étroitement attachés. Nous ne pouvons que nous en féliciter, et souhaiter que ses voyages soient fréquents.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A. Courtin, L.-Ch. Declety, A.-M.-A. Defavrie, L. Félix, Ch. Gadouleau, Ch.-E. Joannis, A. Rouffart, M. Imbert, P. Mimeur, L.-L.-P. Poitevin, E. de Andrade, E.-A. Barbet, L.-A. Belmère, V.-F. Braga Mello, L.-V. Brillié, A. Casse, G.-F. Darzens, A.-D. Dujardin, H. Graftio, A. Henry-Lepaute, B. Kandiba, A. F. Levavasseur, J. de Lipkowski, B. de Minkewitch, H.-J. Nigri, Boghos Pacha Nubar, A. Robert, Ch. Vigreux comme membres sociétaires et de MM. A. Chevalier, J.-Ch. Hesbert, baron J.-M.-H. de Larnage, E.-J. Lesueur, G. Olmer, P. Vincey comme membres associés.

MM. E. Auer, W.-H.-W. Bagshawe, A.-L. Bernaville, H. Blapka, A. Boutan, E.-J.-L. Brunswick, P. Darcy, P.-A. Darracq, M.-G. Dehesdin, A.-L.-E. de Dietrich, J.-A. Drioton, E. Félix, J. Gonçalves Chaves, G. Grené, Ch.-A.-M. Jacquet, P. Landais, D. Lanore, N.-E. Mavrogordato, A.-A.-E.-F. Monfray, V. Passerat, G. Pommier, A.-A.-Ph. de Sizzo Norris, A. Stouls, J.-B. Vernay, sont reçus membres sociétaires, et

MM. A.-J.-L. Borja de Mozota, E.-A. Jeanteur, L. Moineau, membres associés.

La séance est levée à minuit et quart.

Le Secrétaire,
R. Soreau.

SUR LA

RÉSISTANCE DES BATEAUX

A LA TRACTION

PAR

M. F. CHAUDY.

La résistance d'un bateau à la traction comprend deux termes principaux dont il est essentiel de bien saisir l'importance relative :

1° Le frottement du liquide contre la paroi solide immergée ;

2° La diminution de la pression à l'arrière et l'augmentation de la pression à l'avant.

On s'aperçoit aisément qu'une autre perte de travail, c'est-à-dire un autre terme de la résistance, provient de l'agitation du liquide due à l'avancement du bateau et au frottement des molécules liquides agitées les unes contre les autres.

Nous n'étudierons pas ce troisième terme dont la valeur, d'ailleurs, doit être faible à côté de celle de la somme des deux premiers. Ce sont ces deux premiers termes seuls que nous allons envisager et, comme nous n'avons en vue ici que la recherche de principes, nous prendrons, pour faire notre étude, une forme simple de bateau, de manière à nous permettre de dégager ces principes le plus clairement possible.

Nous faisons remarquer que nous laissons absolument de côté l'effet que produit l'hélice d'un bateau sur la diminution de pression à l'arrière et, par conséquent, sur l'augmentation de pression à l'avant. Nous supposonsqu'il s'agit d'un bateau tiré comme le sont les bateaux qui circulent sur les canaux et non pas d'un bateau mù par une hélice. En vertu du grand principe de l'indépendance des effets des forces, cette manière de faire est légitime et elle a l'avantage de ne rien brouiller dans l'esprit du lecteur.

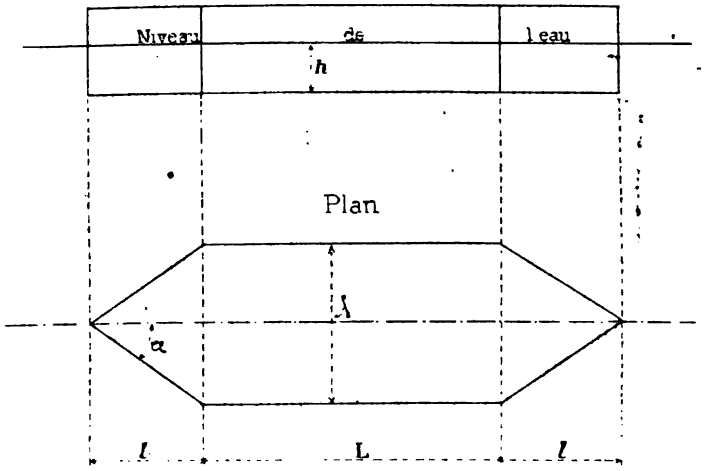
A n'envisager que le frottement, la carène d'un bateau devrait affecter telle forme donnant le minimum de résistance à l'avan-

cement. A n'envisager, au contraire, que la surpression et la non-pression, la carène devrait présenter une forme différente de la précédente. Ce sont ces formes que notre étude va faire ressortir et le lecteur conclura tout naturellement avec nous que la forme prédominante à adopter sera toujours celle qui correspondra à la partie de la résistance qui l'emportera sur l'autre en valeur numérique.

Le frottement.

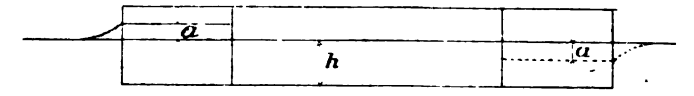
Soit *(fig. 1)* un bateau à fond plat dont la proue et la poupe affectent la forme triangulaire. Les bords du bateau sont des plans

Fig. 1. Elévation



verticaux. Nous nous plaçons dans le cas où l'eau n'est animée d'aucune vitesse et nous désignons celle du bateau par v (en mètres par seconde). Avant d'établir la formule du travail dû au frottement, il importe que nous fassions remarquer que le niveau de l'eau s'abaisse, à l'arrière du bateau *(fig. 2)*, d'une quantité a, et

Fig. 2.



s'élève, à l'avant, de la même quantité si, comme nous le supposons, les pointes de proue et de poupe sont identiques.

La valeur de a est d'ailleurs faible à côté du tirant d'eau h, de telle sorte que, pratiquement, pour la recherche du travail de frottement, nous pouvons négliger a et admettre que le niveau de l'eau reste partout constant.

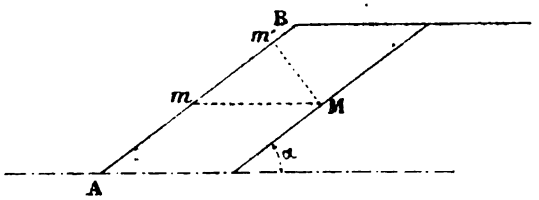
Bien entendu, cette hypothèse simplificative ne peut se faire que pour la recherche du travail de frottement. Quand nous rechercherons plus loin le travail de la pression à l'avant avec la surélévation $+ a$ et le travail de la pression à l'arrière avec l'abaissement $- a$, comme ces travaux seront à retrancher, le second du premier, l'influence de a sera prépondérante.

Frottement sur les parois verticales de proue et de poupe. — Une molécule M d'eau parcourt le chemin mm' dont la valeur est :

$$v \cos \alpha$$

lorsque le bateau s'avance de $Mm = v$ *(fig. 3)*. En fait, à cause

Fig 3



du frottement même, le chemin parcouru par la molécule d'eau est $k \times mm'$, avec $k < 1$.

La pression exercée par l'eau sur un élément de paroi de surface ω est représentée en kilogrammes par :

$$1\,000.\ \omega.\ y$$

si ω est exprimée en mètres carrés et y, c'est-à-dire la distance du centre de gravité de l'élément ω au niveau de l'eau, est exprimée en mètres.

Le travail élémentaire du frottement sera, en désignant par φ le coefficient de frottement (*) :

$$1\,000\ \omega y \times kv \cos \alpha \times \varphi.$$

Le travail, pour une tranche de largeur dx et de hauteur h, sera :

(*) Voir ma Note sur le *frottement des fluides contre les surfaces solides* dans le *Bulletin* de juillet 1896.

$$\int_0^h 1\,000.dx.dy.y \times kv \cos\alpha \times \varphi$$

$$= 1\,000\, kv \cos\alpha \frac{h^2}{2} \varphi dx.$$

Pour la longueur AB *(fig. 3)* $= \frac{\lambda}{2 \sin \alpha}$, l'expression du travail sera :

$$1\,000\, kv \cos\alpha \frac{h^2}{2} \varphi \frac{\lambda}{2 \sin \alpha}.$$

Pour toute la pointe de proue, on aura donc :

$$1\,000\, kv \cos\alpha \frac{h^2}{2} \varphi \frac{\lambda}{\sin \alpha}.$$

Le travail pour la pointe de poupe est le même que le travail pour la pointe de proue. Pour les deux pointes, on aura donc :

$$1\,000\, kv \cos\alpha h^2 \varphi \frac{\lambda}{\sin \alpha}. \qquad [1]$$

Frottement sur les parois latérales. — La longueur d'une paroi étant L, le travail pour les deux parois sera représenté par :

$$1\,000\, vh^2 L\varphi. \qquad [2]$$

Frottement sur le fond. — Le travail sera :

$$1\,000\, vh(L + l)\lambda\varphi. \qquad [3]$$

Frottement total. — En ajoutant ensemble les expressions [1], [2] et [3], il vient, pour représenter le travail total de frottement :

$$T_1 = 1\,000\, vh\varphi \left[\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} kh\lambda + hL + (L + l)\lambda\right]. \qquad [4]$$

Le volume d'eau déplacée par le bateau est :

$$(L + l)\lambda h.$$

Pour faire une comparaison entre deux bateaux, il faut supposer d'abord que ce déplacement est constant ; il faut, en outre admettre que v, λ et h sont constants eux-mêmes. Posons :

$A = 1\,000\, vh^2\varphi k\lambda$, $B = 1\,000\, vh^2\varphi$, $C = 1\,000\, vh\varphi(L + l)\lambda$.

L'expression [4] se présente alors sous la forme :

$$\frac{A}{\operatorname{tg}\alpha} + BL + C. \qquad [5]$$

A, B et C désignant des quantités constantes.

On a : $$l = \frac{\lambda}{2 \operatorname{tg} \alpha}.$$

Nous pouvons remplacer BL par $B(L + l - l)$, c'est-à-dire par :

$$B(L + l) - \frac{B\lambda}{2 \operatorname{tg} \alpha}.$$

D'ailleurs $(L + l)\lambda h$ étant constante ainsi que λ et h, il en résulte que $L + l$ est une quantité constante que nous désignerons par D. L'expression [5] peut donc s'écrire :

$$\frac{A}{\operatorname{tg} \alpha} + BD - \frac{B\lambda}{2 \operatorname{tg} \alpha} + C.$$

k est un nombre plus petit que l'unité, mais voisin de l'unité. En admettant $k = 1$, on a $B\lambda = A$. Par suite, le travail du frottement devient :

$$\frac{A}{2 \operatorname{tg} \alpha} + BD + C.$$

Nous pouvons donc dire que le frottement est d'autant plus élevé que l'angle α est plus petit, c'est-à-dire que les pointes de proue et de poupe sont plus affinées. Ce résultat peut étonner le lecteur au premier abord, car il sait que la résistance totale d'un bateau est d'autant plus faible qu'il a des formes plus fines. Mais il faut penser immédiatement qu'il ne s'agit encore que du travail de frottement et on va voir, dans la suite, que le travail dû à la variation des pressions à l'avant et à l'arrière l'emporte, dans les bateaux à vitesse assez élevée, sur le travail de frottement. Comme on verra aussi que, pour diminuer le travail dû à la variation des pressions, il faut affiner les formes le plus possible, on conclura naturellement que ce sont les formes fines qu'il faut adopter à partir d'une certaine valeur de la vitesse et pour toutes les vitesses au-dessus de celle-là.

Au contraire, nous montrerons que pour toutes les vitesses assez faibles le travail de frottement l'emporte sur celui dû aux pressions et que, par conséquent, pour les bateaux marchant à faible vitesse, les formes carrées aux extrémités sont plus avantageuses.

La diminution de pression à l'arrière.

La vitesse d'un point de la paroi de poupe, dans une direction perpendiculaire à cette paroi, est :

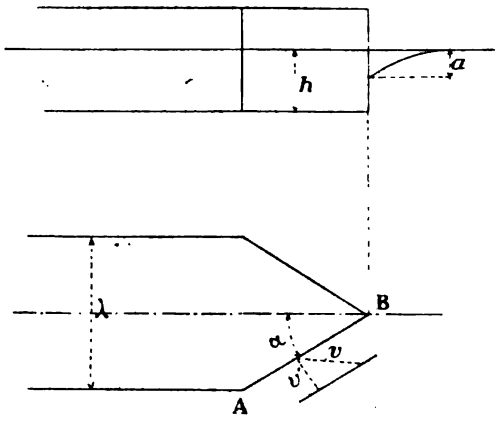
$$v' = v \sin \alpha.$$

Si a désigne l'abaissement du niveau de l'eau *(fig. 4)*, on devra avoir :

$$a = \frac{v'^2}{2g} = \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$$

En un point de la paroi situé à une distance y au-dessous du

Fig 4



niveau de l'eau, la pression sera représentée par une hauteur d'eau y' donnée par l'équation :

$$\sqrt{2gy} - v \sin \alpha = \sqrt{2gy'}.$$

On a donc : $$y' = \frac{(\sqrt{2gy} - v \sin \alpha)^2}{2g}.$$

La pression normale sur une bande de paroi AB, de hauteur dy, serare présentée par :

$$1\,000 \frac{\lambda}{2 \sin \alpha} . dy . \frac{(\sqrt{2gy} - v \sin \alpha)^2}{2g}.$$

Pour toute la paroi AB, on aura :

$$1\,000 \frac{\lambda}{2 \sin \alpha} \int_h^a \frac{(\sqrt{2gy} - v \sin \alpha)^2}{2g} . dy.$$

Le travail de cette pression sera donc :

$$1\,000 \frac{\lambda}{2 \sin \alpha} . v \sin \alpha \int_h^a \frac{(\sqrt{2gy} - v \sin \alpha)^2}{2g} . dy.$$

Pour toute la pointe de poupe, on aura :

$$T'_1 = 1000\frac{\lambda v}{2g}\int_h^a \left[2gy + v^2\sin^2\alpha - 2v\sin\alpha\sqrt{2gy}^{\frac{1}{2}}\right]dy.$$

$$= 1000\frac{\lambda v}{2g}\left[g(h^2-a^2)+v^2\sin^2\alpha(h-a)-2v\sin\alpha\sqrt{2g}.\frac{2}{3}\left(h^{\frac{3}{2}}-a^{\frac{3}{2}}\right)\right].$$

L'augmentation de pression à l'avant.

Les pointes de proue et de poupe étant semblables, l'élévation du niveau de l'eau à l'avant ne peut qu'être égale à l'abaissement du niveau à l'arrière. Dans ces conditions, le travail de la pression sur la proue est représenté par :

$$T'_2 = 1000\,\lambda v\,\frac{(h+a)^2}{2}.$$

Travail total des pressions.

Ce travail résistant a pour expression :

$$T_2 = T'_2 - T'_1 = 1000\,\lambda v\,\frac{(h+a)^2}{2} - \frac{1000\lambda v}{2g}\left[g(h^2-a^2)\right.$$

$$\left. + v^2\sin^2\alpha(h-a) - 2v\sin\alpha\sqrt{2g}.\frac{2}{3}\left(h^{\frac{3}{2}}-a^{\frac{3}{2}}\right)\right].$$

Applications numériques.

Afin de mieux faire comprendre les effets du frottement et ceux de la pression, nous allons appliquer numériquement les formules précédentes à un même bateau pour lequel on aurait :

$$h = 1\ m,$$
$$\lambda = 3\ m,$$
$$\varphi = 0{,}03,$$
$$\alpha = 20^\circ,$$
$$L = 8\ m,$$
$$l = \frac{3}{2\ \mathrm{tg}\ 20^\circ} = \frac{3}{2\times 0{,}364} = 4{,}12\ m.$$

Nous ferons d'ailleurs, pour simplifier, $k = 1$ et nous prendrons, d'autre part, $v = 2\ m$.

On trouve alors, pour le travail de frottement :

$$T_1 = 3136\ kgm.$$

La valeur de a est :

$$\frac{\overline{2^2} \times \overline{0{,}342^2}}{2 \times 9{,}81} = 0{,}0238\ m.$$

Enfin, le travail résistant dû aux pressions à l'avant et à l'arrière a pour valeur :

$$T_2 = 3144 - 2044 = 1100\ kgm.$$

Cette première application nous montre que, si le bateau était destiné à marcher normalement à la vitesse de $2\ m$, les pointes de proue et de poupe seraient trop prononcées. En augmentant la valeur de l'angle α, on diminuerait la valeur de T_1. On augmenterait, il est vrai, la valeur de T_2, mais ce serait dans une proportion moindre, de telle sorte que la somme $T_1 + T_2$ serait certainement plus faible.

On voit donc qu'il faut toujours avoir égard à la vitesse avec laquelle le bateau doit se mouvoir dans la détermination de l'angle α. Cet angle doit être d'autant plus fort que la vitesse en question est elle-même plus faible.

Au contraire, si la vitesse doit être grande, on a intérêt à affiner les formes. C'est ce que va faire ressortir l'application numérique suivante, faite avec le même bateau que ci-dessus et une vitesse $v = 10\ m$. On a, en effet, dans ce cas :

$$T_1 = 15\,780\ kgm.$$

La valeur de a est :

$$\frac{\overline{10^2} \times \overline{0{,}342^2}}{2 \times 9{,}81} = 0{,}596\ m\ (1).$$

Le travail dû aux pressions a pour valeur :

$$T_2 = 38\,208 - 200 = 38\,008\ kgm.$$

On voit bien que T_2 est ici supérieur à T_1. Par conséquent, il y a intérêt à chercher à diminuer T_2, c'est-à-dire à diminuer la valeur de l'angle α. Aux grandes vitesses, il faut donc des formes fines à la proue et à la poupe.

Comparaison avec les bateaux sous-marins.

Avec un bateau flottant sur l'eau nous avons vu qu'il se pro-

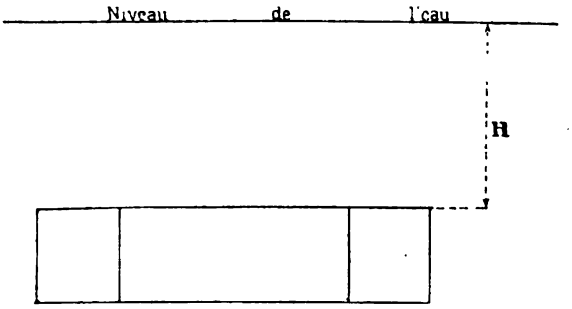
(1) Il faut bien entendre que nous ne prenons la vitesse du bateau égale à 10 m que pour montrer le sens de la variation de T_2 avec cette vitesse. Pratiquement, il est bien évident que la valeur de v égale à 10 ne serait pas logique ici, car la valeur de a qui en résulte est bien trop forte à côté de celle de h.

duisait, à l'arrière, un abaissement a du niveau de l'eau. Avec un bateau sous-marin *(fig. 5)*, comme on aura :

$$H > \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g},$$

les molécules d'eau situées à l'arrière suivront toujours les parois, c'est-à-dire resteront toujours en contact avec ces parois. Il

Fig. 5.

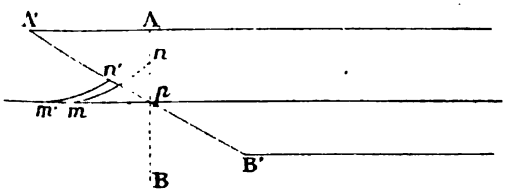


ne pourra donc se produire aucun abaissement du niveau de l'eau du côté de la poupe et, par suite, aucune élévation de ce niveau du côté de la proue. Dans de telles conditions, le travail dû aux pressions est totalement différent de celui que nous venons d'évaluer pour un bateau flottant à la surface. Le lecteur voudra bien se reporter à ma Note sur ce sujet publiée dans le ***Bulletin*** de la Société de février 1897. Il y verra que les conclusions relatives aux formes à donner aux pointes de proue et de poupe sont nécessairement différentes de celles auxquelles on est conduit lorsque a n'est pas nul.

Influence du relèvement de la fonçure à l'avant.

On conçoit aisément qu'il y a intérêt à chercher à diminuer la valeur de la surélévation a du plan d'eau à l'avant d'un bateau flottant sur l'eau. C'est dans ce but qu'on relève la fonçure à l'avant. L'eau s'élèverait suivant mn si la paroi de proue était AB (fig. 6); elle s'élèvera suivant $m'n'$ si la

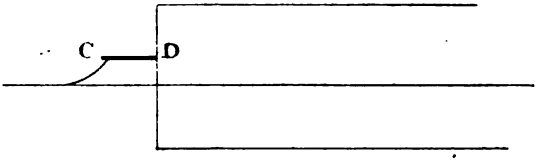
Fig. 6.



paroi est inclinée comme A'B'. La quantité d'eau *m'n'p* sera la même que *mnp*, mais le point *n'* sera plus bas que le point *n*, c'est-à-dire que la surpression à l'avant sera plus faible.

L'effet de diminution de la surpression est d'autant plus marqué que la paroi A'B' est plus inclinée sur le plan d'eau. On conçoit aisément alors que si, à un bateau à avant vertical *(fig. 7)*,

Fig. 7



on ajoutait une sorte de plancher horizontal CD, sous lequel viendrait s'écraser l'eau tendant à s'élever, on aurait une surpression à l'avant réduite à son minimum.

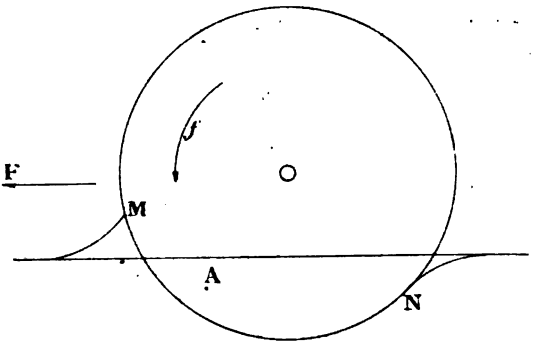
Bien que le plancher CD puisse être utilisé pour le dépôt des charges à transporter, il semble, *a priori*, que le système de la figure 6 soit le seul pratique, car la paroi A'B' n'a pas besoin d'être mobile et peut rester la même, quel que soit le degré d'enfoncement du bateau. Il est nécessaire, au contraire, que le plancher CD puisse se mouvoir et être réglé suivant ce degré d'enfoncement.

Les bateaux rouleurs.

On sait que M. Bazin a eu l'idée de faire porter le bateau sur des roues ou lentilles creuses plongeant en partie dans l'eau, le bateau lui-même étant entièrement en dehors de celle-ci. En dehors du mouvement de translation communiqué par une hélice. les lentilles sont animées d'un certain mouvement de rotation dont l'effet est de diminuer la résistance due au frottement. Si le bateau se meut dans la direction F *(fig. 8)*, les roues tournant suivant *f*, un point A de la paroi mouillée peut arriver à se trouver en repos relatif par rapport au liquide. Dans tous les cas, le mouvement de la lentille étant convenablement choisi, on diminue dans une grande proportion les déplacements relatifs des points de la paroi solide par rapport à l'eau. Le travail de frottement est donc lui-même notablement diminué, car on le réduit presque entièrement au travail de frottement sur les tourillons. Mais c'est tout ce qu'un pareil système peut donner. On a bien

constaté, dans différentes expériences, que le point M, auquel l'eau s'élève à l'avant, est plus rapproché du plan d'eau général lorsque les lentilles tournent que lorsqu'elles ne tournent pas en s'avançant. De même, on a constaté que l'abaissement du niveau de l'eau à l'arrière était plus faible avec la rotation des roues que sans la rotation. Mais il importe absolument de remarquer

Fig. 8



que cette diminution de la surpression à l'avant, par exemple, est produite au détriment de la force motrice qui fait tourner la roue, celle-ci entraînant avec elle, dans une certaine mesure, les molécules d'eau situées près de ses parois. Ce moyen de diminuer la surpression ne peut donc se comparer, au point de vue des avantages, avec le système du relèvement de la fonçure dans les bateaux ordinaires, ce système n'employant presque aucune partie de la force motrice, puisque l'eau est écrasée par la proue sous l'action du poids seul du bateau.

On ne peut donc dire des bateaux rouleurs qu'une seule chose : c'est qu'ils diminuent la résistance due au frottement.

Or, cette résistance est approximativement indépendante de la vitesse, alors que les pressions à l'avant et à l'arrière dépendent essentiellement de cette vitesse. Ce n'est donc pas le frottement que l'on doit surtout chercher à diminuer, mais les pressions à l'avant. Les bateaux rouleurs ne résolvent pas le problème d'une manière meilleure que les bateaux ordinaires avec proue en pointe et fond relevé à l'avant. Ces bateaux rouleurs ne peuvent trouver leur application que sur les canaux où la vitesse de marche est faible et où, par conséquent, le frottement est prépondérant.

THÉORIE DE L'ÉQUILIBRE

DES

SYSTÈMES EN FER ET CIMENT

TIRÉE DU PRINCIPE DU MOINDRE TRAVAIL

D'APRÈS

M. B.-B. FERRIA, Ingénieur à Turin.

PAR

M. D. FEDERMAN

I

Soit AB un solide prismatique vertical en ciment encastré par son extrémité inférieure, dont les axes principaux d'inertie des sections soient contenus dans deux plans perpendiculaires entre eux et coupant le plan horizontal suivant les deux droites perpendiculaires XX′ YY′ (1).

(1) Nous croyons utile de donner un exposé sommaire du principe du *moindre travail*, en le tirant des travaux de M. Menabrea qui, le premier, en a publié l'énoncé et la démonstration générale dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences de Paris* (tome XLVI, 31 mai 1858) et de M. Bertrand, membre de l'Institut, qui en a donné une démonstration fort simple, publiée par le même M. Menabrea dans les *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino* (vol. V, 1 maggio 1870).

Considérons un système de points matériels réunis entre eux par des liens élastiques et restant en équilibre sous l'action de forces extérieures. Cet équilibre n'aura pu s'établir sans que les *liens* du système se soient, les uns, allongés, les autres, raccourcis, et sans que, par conséquent, les positions des divers points aient varié. Les variations de longueur des liens développent des *forces intérieures* de tension ou de compression qui font, en chaque point, équilibre aux forces qui y sont appliquées.

Nous admettons que les changements de forme que subit le système sont très petits et que, par conséquent, les *forces intérieures* sont sensiblement proportionnelles aux variations de distances des différents points entre eux. L'expérience justifie cette manière de voir dans les applications usuelles.

Cela posé, nous désignerons par :

l la distance entre deux points en général, après que les forces extérieures ont agi ;

λ la variation de la distance qui peut être positive ou négative ;

T la tension du lien entre deux points donnés correspondant à une variation λ ;

ε un coefficient qui dépend de la nature du lien et que nous appellerons *coefficient de résistance*.

La tension sera exprimée par :

$$T = \varepsilon\lambda.$$

Lorsque λ est négatif, T exprime une compression.

Supposons que sur la base supérieure soient appliquées :

1° Des forces verticales quelconques, mais disposées symétriquement par rapport à l'axe YY′ et distribuées uniformément sur chaque ligne parallèle à l'axe XX′ et linéalement sur chaque ligne parallèle à l'axe YY′.

Quand le lien est un prisme homogène de section ω, si E représente le module d'élasticité correspondant à la matière qui compose ce prisme, on aura :

$$\varepsilon = \frac{E\omega}{l}$$

et dans ce cas la tension sera exprimée par :

$$T = E\omega \frac{\lambda}{l}.$$

Si le produit $E\omega$ est variable d'une section à l'autre du lien, on aura :

$$E = \frac{1}{\int_0^l \frac{dl}{E\omega}}.$$

Pour opérer l'allongement ou le raccourcissement d'un lien, il faudra vaincre une résistance à laquelle correspond un travail. Ainsi, pour une variation $d\alpha$ correspondant à une variation absolue α, le travail développé sera :

$$\varepsilon\alpha d\alpha ;$$

par conséquent, le travail total employé pour produire la variation totale λ sera :

$$\theta = \frac{1}{2}\varepsilon\lambda^2 = \frac{1}{2}\frac{T^2}{\varepsilon}.$$

Si l'on indique par le signe Σ la somme des quantités qui y sont soumises, étendue à tout le système, le travail total développé sous l'action des forces extérieures sera :

$$L = \Sigma\theta = \frac{1}{2}\Sigma\varepsilon\lambda^2 = \frac{1}{2}\Sigma\frac{T^2}{\varepsilon}.$$

Or, le principe du *moindre travail* exprime que cette quantité L est un *minimum*, c'est-à-dire :

La somme des carrés des tensions divisés respectivement par le coefficient d'élasticité du lien correspondant est un minimum, ou, en d'autres termes, cette somme est moindre que pour tout autre système de tension capable d'assurer l'équilibre lorsqu'on néglige les conditions relatives à l'extensibilité des liens.

En effet, soit $T + \Delta T$, la tension du même lien a une autre solution des équations d'équilibre lorsque les liens sont supposés inextensibles; les forces ΔT, si elles étaient seules, se feraient équilibre sur le système, puisque les forces T et les forces $T + \Delta T$ font, par hypothèse, équilibre aux mêmes forces extérieures (le système est celui dont les liens extensibles ont disparu). La somme des moments virtuels des forces ΔT est donc nulle pour tous les déplacements compatibles avec les liens. Mais un de ces déplacements est celui qui se produit réellement et dans lequel le lien L s'allonge de $\lambda = \frac{T}{\varepsilon}$; on a, par conséquent :

$$\Sigma\frac{T\Delta T}{\varepsilon} = 0$$

c'est-à-dire la quantité :

$$L = \frac{1}{2}\Sigma\frac{T^2}{\varepsilon}$$

est un *minimum*.

2° Des forces tangentielles parallèles à l'axe YY′ réductibles à une résultante unique contenue dans le plan vertical passant par cet axe.

Supposons que dans l'intérieur de ce solide soit un noyau en fer *ab* cylindrique dont les axes principaux d'inertie soient contenus dans deux plans perpendiculaires *xx′*, *yy′*, et que *yy′* coïncide avec le plan vertical passant par YY′.

Supposons enfin que sur la base supérieure du noyau soient appliquées :

1° Des forces verticales quelconques, mais disposées symétriquement par rapport à l'axe *yy′* et distribuées uniformément sur chaque ligne parallèle à l'axe *xx′* et linéalement sur chaque ligne parallèle à l'axe *yy′*.

2° Des forces tangentielles parallèles à l'axe *yy′* réductibles à une résultante unique contenue dans le plan vertical passant par cet axe.

Toutes ces forces se réduiront à un système composé par une force P normale aux bases du solide et du noyau, par une force S tranchante parallèle à l'axe YY′ et contenue dans le plan vertical passant par cet axe, par un couple M dont l'axe sera parallèle à l'axe XX′; et tout ce système sera contenu dans le plan vertical susdit, passant par l'axe YY′ qui sera le ***plan de sollicitation.***

On peut ainsi se représenter la plus grande partie des cas d'équilibre des constructions en fer et ciment de la pratique, parmi lesquels, en ce qui a rapport avec la cohésion plus ou moins parfaite du fer et du ciment, il y a lieu de distinguer deux cas extrêmes, selon que ces matériaux sont ***parfaitement déliés*** ou ***parfaitement soudés.***

Dans l'un et l'autre des deux cas extrêmes, s'il y a équilibre, il doit s'engendrer dans l'intérieur du solide de ciment et du noyau en fer des réactions moléculaires dont les résultantes seront égales et opposées aux résultantes des forces extérieures.

L'auteur se propose d'étudier, dans ces deux cas extrêmes, comment doit s'opérer la répartition des réactions intérieures entre le ciment et le fer, en considérant séparément l'équilibre du couple M, la force normale P et la force tangentielle S.

En d'autres termes, l'auteur veut déterminer, en ces deux cas extrêmes, quelles seront pour une section donnée MN, parallèle

aux bases du prisme et du noyau, les *moments fléchissants*, les *pressions normales* et les *efforts tranchants* opposés séparément par le ciment et par le fer, les seuls éléments mécaniques nécessaires pour reconnaître, d'après les formules connues de la mécanique des solides élastiques, s'il y a lieu quelque part à des efforts fibreux excessifs dans le ciment ou dans le fer.

Les autres cas de la pratique pourront se rapporter aux cas précédents par le principe de la superposition des effets.

II

Équilibre du couple M.

a) Matériaux parfaitement déliés.

Il est considéré qu'un couple ne peut être équilibré que par des couples.

Nous pouvons donc supposer que toutes les réactions moléculaires développées par l'un des côtés d'un plan horizontal MN qui coupe le ciment et le fer soient réductibles à un couple unique μ_1, dû au ciment et à un couple unique μ_2 dû au fer, tels que :

$$\mu_1 + \mu_2 + M = 0, \qquad [1]$$

et il est évident qu'il n'y a pas lieu de considérer ni pressions normales, ni efforts tranchants.

Dès lors, si nous considérons la tranche comprise entre le plan MN et un plan parallèle M'N', à la distance h assez petite pour que dans l'intervalle il n'y ait à observer d'autres forces extérieures, nous pourrons exprimer ainsi le travail moléculaire de déformation de la tranche en question :

$$\mathcal{L} = 1/2 \left(\frac{\mu_1^2}{E_1 I_1} + \frac{\mu_2}{E_2 I_2} \right) h,$$

où nous désignons par I_1 et I_2 les moments d'inertie des surfaces du ciment et du fer dans la section MN et par E_1 et E_2 les coefficients d'élasticité des deux matériaux.

Or, ce travail, d'après un principe connu, doit être un *minimum*, ce qui nous donne :

$$\frac{\mu_1}{E_1 I_1} + \frac{\mu_2}{E_2 I_2} = 0. \qquad [2]$$

Moments fléchissants. — A l'aide des formules 1 et 2 et en faisant :

$$K = \frac{E_1}{E_2},$$

on déduit qu'il y aura sur la surface du plan MN du ciment un moment fléchissant :

$$\mu_1 = -M \frac{I_1}{I_1 + \frac{1}{K} I_2}, \qquad [3]$$

et sur la surface de fer un moment fléchissant :

$$\mu_2 = -M \frac{I_2}{I_1 K + I_2}. \qquad [4]$$

Par suite de ces deux moments fléchissants les surfaces de contact du ciment et du fer glisseront l'une contre l'autre.

b). Matériaux parfaitement soudés.

Supposons maintenant une cohésion parfaite du ciment avec le fer.

Cette cohésion opposera un obstacle au glissement des surfaces de contact du fer et du ciment l'une contre l'autre. Cet obstacle sera distribué uniformément autour de l'axe de noyau de fer et si près de lui que nous pourrons, sans grave erreur, envisager cet obstacle comme une force X coïncidente avec l'axe du noyau qui agit dans un sens sur le fer et dans un sens contraire sur le ciment. Cette force X est donc une force centrale pour le noyau de fer, dont elle ne pourra qu'allonger ou raccourcir les fibres, tandis qu'elle est excentrique pour le prisme en ciment, à la distance *d* des centres de gravité des surfaces des deux matériaux. Il s'ensuivra des raccourcissements ou bien des allongements dans les fibres du prisme, et en même temps des flexions avec un moment X*d*. Et toutes ces nouvelles réactions intérieures viendront s'additionner à celles que l'on trouverait s'il n'existait point de cohésion.

Cela posé, si nous appelons $\mathfrak{M}_1$ et $\mathfrak{M}_2$ les nouveaux couples que doivent opposer les surfaces du ciment et du fer, nous devons avoir l'équationd'équilibr e :

$$\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2 + Xd + M = 0,$$

tandis qu'il y aura :

$$\mathfrak{M}_1 = \mu_1 - Xd, \qquad [5]$$

$$\mathfrak{M}_2 = \mu_2, \qquad [6]$$

où μ_1 et μ_2 ont les valeurs données par les formules 3 et 4 du précédent chapitre.

Ici, il y aura donc lieu de considérer que des pressions normales + X et — X, des moments fléchissants $\mathfrak{M}_1$ et $\mathfrak{M}_2$, mais point d'efforts tranchants.

Pressions normales. — D'après ce qui a été dit, le travail moléculaire de déformation de la tranche comprise entre les plans MN et M'N', tels que nous les avons considérés précédemment, deviendra :

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}\left\{\frac{X^2}{E_1\Omega_1} + \frac{X^2}{E_2\Omega_2} + \frac{\mathfrak{M}_1^2}{E_1 I_1} + \frac{\mathfrak{M}_2^2}{E_2 I_2}\right\} h,$$

et pour la condition du *minimum*, eu égard à la formule 5, elle nous fournira la valeur comme absolue des deux pressions normales :

$$X = -Md\,\frac{I_1}{I_1 + \frac{1}{K}\frac{\Omega_2}{\Omega_1} I_2} \cdot \frac{1}{d^2 + \left(1 + K\frac{\Omega_1}{\Omega_2}\rho_1^2\right)}, \qquad [7]$$

où nous désignons par Ω_1 et Ω_2 les surfaces du ciment et du fer dans la section MN et par ρ_1 le rayon de gyration de celles en ciment.

Remarque. — La quantité X, lorsqu'on connaît la force de cohésion du fer et du ciment par centimètre carré, peut servir à déterminer la surface à donner au noyau de fer pour garantir l'équilibre au glissement des deux matériaux l'un contre l'autre.

Moments fléchissants. — Par les formules 3, 4, 5, 6, 7, on conclut qu'il y aura sur la surface du ciment, dans la section MN, le moment fléchissant :

$$\mathfrak{M}_1 = -M\left(\frac{I_1}{I_1 + \frac{1}{K} I_2} - \frac{I_1}{I_1 + \frac{1}{K}\frac{\Omega_1}{\Omega_2} I_2 d^2 + \left(1 + \frac{1}{K}\frac{\Omega_1}{\Omega_2}\right)\rho_1^2}\right), \qquad [8]$$

et sur la surfacedu fer :

$$\mathfrak{M}_2 = -M\frac{I_2}{I_1 K + I_2}, \qquad [9]$$

III

Équilibre de la force normale P.

a) Matériaux parfaitement délités.

Nous appellerons pour chaque section MN parallèle aux bases :

d_1 la distance de la force P du centre de gravité V_1 de la surface du ciment ;

d_2 la distance de la même force du centre de gravité V_2 de la surface du fer, et d la différence $d_1 - d_2$.

S'il y a équilibre entre la force extérieure P et les réactions intérieures du ciment et du fer, nous pouvons supposer la force P dédoublée en P_1 et P_2 ; la première agissant sur le centre de gravité V_1 et composée d'un couple $P_1 d_1$, qui la reconduit en P ; la seconde agissant sur le centre de gravité V_2 et composée d'un couple $P_2 d_2$, qui la ramène, elle aussi, en P. Dès lors, nous pouvons supposer que les réactions du ciment se réduisent à une force Π_1, égale et opposée à P, et à un couple $\mu_1 = \Pi_1 d_1$, égal et contraire à $P_1 d_1$, et de même que les réactions du fer se réduisent à une force Π_2 égale et contraire à la force P_2 et à un couple $\mu_2 = -\Pi_2 d_2$ égal et contraire à $P_2 d_2$, afin de satisfaire les conditions :

$$\Pi_1 + \Pi_2 + P = 0, \qquad [10]$$

$$\Pi_1 d_1 + \Pi_2 d_2 + \mu_1 + \mu_2 = 0, \qquad [11]$$

et nous aurons évidemment à considérer des pressions normales, des moments fléchissants, mais nullement des efforts tranchants.

Pressions normales. — Cela dit, nous pouvons écrire de la façon suivante le travail moléculaire de déformation de la tranche entre les plans MN, M'N', tel que nous l'avons considéré précédemment :

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}\left\{\frac{\Pi_1}{E_1\Omega_1} + \frac{\Pi_2}{E_2\Omega_2} + \frac{\overline{\Pi_1 d_1^2}}{E_1 I_1} + \frac{\overline{\Pi_2 d_2^2}}{E_2 I_2}\right\} h,$$

et appliquer la condition du *minimum*.

Or, si nous exprimons P_2 en fonction de P_1 tiré de l'équation 10, cette condition nous donne :

$$\Pi_1\left(\frac{E_1\Omega_1 + E_2\Omega_2}{E_1\Omega_1 E_2\Omega_2} + \frac{d_1^2 E_2 I_2 + d_2^2 E_1 I_1}{E_1 I_1 E_2 I_2}\right) = -P\left(\frac{1}{E_2\Omega_2} + \frac{d_2^2}{E_2 I_2}\right).$$

D'ailleurs, si nous exprimons P_1 en fonction de P_2, il s'ensuit :

$$\Pi_2 \left(\frac{E_1\Omega_1 + E_2\Omega_2}{E_1\Omega_1 E_2\Omega_2} + \frac{d_1^2 E_2 I_2 + d_2^2 E_1 I_1}{E_1 I_1 E_2 I_2} \right) = - P \left(\frac{1}{E_1\Omega_1} + \frac{d_1^2}{E_1 I_1} \right),$$

donc :

$$\frac{\Pi_1}{\Pi_2} = \frac{E_1 I_1 (\rho_2^2 + d_2^2)}{E_2 I_2 (\rho_1^2 + d_1^2)}, \qquad [12]$$

où ρ_1 et ρ_2 sont les rayons de gyration des surfaces du ciment et du fer dans la section MN.

Si, à présent, nous appelons J_1 et J_2 les moments d'inertie desdites surfaces par rapport à la normale au plan de sollicitation qui passe par le point *m* (centre de pression), de rencontre de la force P avec le plan MN, nous pouvons écrire en regard de la relation [10] pour le ciment de la pression normale :

$$\Pi_1 = - P \frac{I_1 J_2}{I_1 J_2 + \frac{1}{K} \frac{\Omega_2}{\Omega_1} I_2 J_1}, \qquad [13]$$

et pour le fer :

$$\Pi_2 = - P \frac{I_2 J_1}{K \frac{\Omega_1}{\Omega_2} I_1 J_2 + I_2 J_1}. \qquad [14]$$

Moments fléchissants. — Enfin, nous pourrons tirer de la formule 11 le moment fléchissant pour le ciment :

$$\mu_1 = P d_1 \frac{I_1 J_2}{I_1 J_2 + \frac{1}{K} \frac{\Omega_2}{\Omega_1} I_2 I_1}, \qquad [15]$$

et pour le fer :

$$\mu_2 = P d_2 \frac{I_2 J_1}{K \frac{\Omega_1}{\Omega_2} I_1 J_2 + I_2 J_1}. \qquad [16]$$

b) Matériaux parfaitement soudés.

Rappelons que la cohésion des matériaux a pour effet de créer un obstacle au glissement de la surface latérale du noyau de fer sur la surface environnante du ciment et *vice versa*, et que cet obstacle se réduit à une force — X, selon l'axe du noyau et à une force + X selon l'axe du prisme de ciment, celle-ci composée d'un couple — X*d*. Nous devons ajouter ces éléments aux réactions moléculaires trouvées dans le cas de la cohésion nulle. Il en résultera sur le ciment :

Une pression Π_1, une pression X, un couple $\mathfrak{M}_1 = \Pi_1 d_1$ et un couple $-Xd$;

Et sur le fer :

Une pression Π_2, une pression $-X$ et un couple $\mathfrak{M}_2 = \Pi_2 d_2$;

De telle sorte que :

$$(\Pi_1 + X) + (\Pi_2 - X) + P = 0. \qquad [17]$$

$$\Pi_1 d_1 + Xd_1 + Xd + \mathfrak{M}_1 + \Pi_2 d_2 - Xd_2 + \mathfrak{M}_2 = 0. \qquad [18]$$

Nous aurons donc à déterminer des pressions normales, des moments fléchissants, mais non des efforts tranchants.

Ainsi, le travail moléculaire de déformation de la tranche entre les plans MN, M'N' devient :

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}\left\{\frac{(\Pi_1 + X)^2}{E_1\Omega_1} + \frac{(\Pi_2 - X)^2}{E_2\Omega_2} + \frac{(\Pi_1 d_1 - Xd)^2}{E_1 I_1} + \frac{\overline{\Pi_2 d_2}^2}{E_2 I_2}\right\} h$$

et pour la condition du *minimum* nous avons :

$$X = P\,\frac{1 - \frac{I_2 J_1}{I_1 J_2} - \frac{dd_1}{\rho_1^2}}{\left(1 + \frac{1}{K}\frac{\Omega_2}{\Omega_1}\frac{I_2 J_1}{I_1 J_2}\right)\left(1 + K\frac{\Omega_1}{\Omega_2} + \frac{d^2}{\rho_1^2}\right)}. \qquad [19]$$

Remarque. — Comme dans le cas précédent, la valeur de X sert à déterminer la surface latérale à donner au noyau de fer lorsqu'on connait la force de cohésion entre fer et ciment par centimètre carré pour garantir l'équilibre au glissement des deux matériaux l'un par rapport à l'autre.

Pressions normales. — La valeur de X trouvée, nous pouvons déterminer la pression normale totale sur la surface du ciment de la section MN :

$$P_1 = -P\,\frac{I_1 J_2}{I_1 J_2 + \frac{1}{K}\frac{\Omega_2}{\Omega_1} I_2 J_1} + X \qquad [20]$$

et la pression normale totale sur la surface du fer :

$$P_2 = -P\,\frac{I_2 J_1}{K\frac{\Omega_1}{\Omega_2} I_1 J_2 + I_2 J_1} - X. \qquad [21]$$

Moments fléchissants. — De même nous pourrons déterminer le moment fléchissant total sur la surface du ciment :

$$M_1 = Pd_1 \frac{I_1 J_2}{I_1 J_2 + \frac{1}{K}\frac{\Omega_2}{\Omega_1} I_2 J_1} - Xd \qquad [22]$$

et sur la surface du fer

$$M^2 = P_2 d_2 \frac{I_2 J_1}{K\frac{\Omega_1}{\Omega_2} I_1 J_2 + I_2 J_1}. \qquad [23]$$

IV

Équilibre de la force tranchante S.

a) Matériaux parfaitement déliés.

On sait que le glissement simple est l'action qui se produit entre deux sections très rapprochées MN, M'N', auxquelles les forces extérieures tendent à donner un mouvement relatif parallèle à leur plan de direction commune. La force tronchante S est celle que produit cet effet.

Rappelons que nous avons supposé le cas où la force S doit passer par les centres de gravité V_1 et V_2 des surfaces du ciment et du fer de la section MN. Cela étant, nous pouvons admettre :

1° Que toutes les réactions opposées par la surface du ciment se réduisent à une résultante unique S_1 passant par le centre de gravité V_1;

2° Que toutes les réactions opposées par la surface du fer se réduisent à une résultante unique S_2 passant par le centre de gravité V_2;

3° Que la direction commune des deux forces S_1 et S_2 soit V_2 V_1, c'est-à-dire diamétralement opposée à celle de la force S.

Dès lors, pour l'équilibre, il suffira de satisfaire à l'équation :

$$S_1 + S_2 + S = 0$$

et il n'y aura plus lieu de considérer des pressions normales ni des moments fléchissants.

En attendant, le travail moléculaire de formation de la tranche entre les deux plans MN, M'N' sera :

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2}\left\{\frac{A_1 S_1^2}{F_1 \Omega_1} + \frac{A_2 S_2^2}{F_2 \Omega_2}\right\} h;$$

où nous désignons par A_1 et A_2 deux coefficients numériques qui dépendent de la forme et de l'orientation des surfaces du ciment et du fer et par F_1 et F_2 les coefficients d'élasticité tangentielle des deux matériaux.

Efforts tranchants. — Si nous exprimons S_2 en fonctions de S_1 tirée de l'équation 24 le *minimum* de $\mathfrak{L}$ nous donne :

$$S_1 \frac{A_1F_2\Omega_2 + A_2F_1\Omega_1}{F_1\Omega_1F_2\Omega_2} = -A_2\frac{1}{F_2\Omega_2};$$

tandis qu'en exprimant S_1 en fonction de S_2 le *minimum* de $\mathfrak{L}$ nous donne :

$$S_2 \frac{A_1F_2\Omega_2 + A_2F_1\Omega_1}{F_1\Omega_1F_2\Omega_2} = -A_1\frac{1}{F_1\Omega_1},$$

donc

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{A_2F_1\Omega_1}{A_1F_2\Omega_2}$$

et pour la formule 24 :

$$S_1 = -S\frac{A_2F_1\Omega_1}{A_2F_1\Omega_1 + A_1F_2\Omega_2}, \qquad [24]$$

$$S_2 = -S\frac{A_1F_2\Omega_2}{A_2F_1\Omega_1 + A_1F_2\Omega_2}. \qquad [25]$$

Remarque. — Le fer et le ciment peuvent se considérer comme des matériaux isotropes, pour lesquels le rapport entre le coefficient d'élasticité transversale et le coefficient d'élasticité longitudinale est constant $\left(\frac{2}{5}\right)$; il s'ensuit que nous pouvons écrire :

$$S_1 = -S\frac{A_2E_1\Omega_1}{A_2E_1\Omega_1 + A_1E_2\Omega_1}, \qquad [26]$$

$$S_2 = -S\frac{A_1E_2\Omega_2}{A_2E_1\Omega_1 + A_1E_2\Omega_2}. \qquad [27]$$

Quant aux valeurs de A_1 et de A_2, on peut adopter les suivantes que nous avons tirées de la *Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques*, par A. Castigliani.

b) MATÉRIAUX PARFAITEMENT SOUDÉS.

Comme dans le cas des matériaux parfaitement *déliés*, la force tranchante S ne peut engendrer sur les surfaces du ciment et du fer de la section MN ni pressions normales ni moments fléchissants. Il en résulte qu'il n'y a pas de tendance au glissement des surfaces de contact du noyau de fer et du prisme de ciment l'une contre l'autre. Par conséquent, toute cohésion qui puisse intervenir n'aura point d'obstacle à opposer à des mouvements. C'est-à-dire que pour l'équilibre de la force tranchante S, il est indifférent que les matériaux soient soudés ou non.

La question se ramène donc au paragraphe précédent relatif aux matériaux parfaitement déliés.

LA VAPEUR, LE PÉTROLE ET L'ÉLECTRICITÉ
DANS LES AUTOMOBILES

PAR

M. Rodolphe SOREAU

Messieurs, les deux questions que je me propose d'examiner sont les suivantes :

1° Quels sont, au point de vue des automobiles, les mérites et les inconvénients respectifs des divers modes de production de la puissance motrice?

2° Quels perfectionnements est-on, dès maintenant, en droit d'espérer?

Ce sont là deux grosses questions, qu'il serait bien osé de prétendre résoudre d'une façon trop absolue, en l'état actuel d'une industrie qui date de dix ans à peine, alors que les constructeurs préconisent les systèmes les plus variés, que les inventions se multiplient, que la fièvre de l'automobilisme bat son plein. Aussi n'était-ce pas sans une appréhension réelle que j'avais accepté la tâche de vous en entretenir pendant les fêtes du Cinquantenaire. Je m'y étais décidé parce qu'elles m'avaient paru dignes de retenir l'attention de nos hôtes, qu'elles s'élèvent, par leur généralité, au-dessus des intérêts particuliers, et qu'en définitive c'est à elles qu'on est fatalement ramené aujourd'hui dès qu'on discute automobiles. L'aménagement du mécanisme moteur, la commodité de conduite, l'élégance de formes, si importants au regard du public, n'ont certes pas, aux yeux de l'Ingénieur, un intérêt aussi grand que la puissance motrice.

L'opinion la plus courante sur le choix de cette puissance peut se résumer ainsi : le pétrole convient à la voiture légère et rapide, la vapeur est tout indiquée pour le transport de lourdes charges, l'électricité offre de réels avantages dans un service urbain. Et les fanatiques de l'automobile, ceux qui rêvent la disparition du vieux serviteur qu'ils appellent, non sans irrévérence, le moteur à avoine, ont volontiers ce programme : Substitution des moteurs à pétrole aux chevaux de luxe ou de

vitesse, des machines à vapeur aux percherons et aux mecklembourgeois, des moteurs électriques aux haridelles de fiacre.

Mais ce n'est là qu'une idée d'ensemble, une de ces formules simplistes que la pédagogie d'autrefois destinait si joliment à l'usage des gens du monde. D'ailleurs, elle n'est pas universellement acceptée : il existe, en effet, des motocycles et des voiturettes à vapeur; au contraire, de lourds omnibus, voire même des camions, ont des moteurs à pétrole; enfin, au récent concours de fiacres, l'unique représentant du pétrole a fait bonne figure et pourrait bien, avec les améliorations que j'indiquerai, devenir bientôt, dans cette application spéciale, un concurrent sérieux des lourdes voitures électriques.

Il importe donc de préciser davantage, d'étudier les qualités adéquates à chaque mode de production de la puissance motrice, de peser les perfectionnements dont il semble susceptible, d'évaluer sa dépense, non pas seulement en argent, — car c'est là une estimation très variable, — mais surtout en utilisation thermique. Tel est le but de cette communication. Je ne m'y occuperai pas des véhicules sur rails : aussi bien, les véhicules sur routes sont-ils véritablement les seuls qu'évoque, dans son acception courante, le mot d'automobiles. Dans ces conditions, les moteurs à considérer sont toujours d'assez faible puissance : 1 à 2 *ch* effectifs pour les motocycles comme le tricycle de Dion; 2 à 4 *ch* pour les voiturettes, telles que les Bollée, les Hurtu et les Decauville; 4 à 6 *ch* pour les voitures de tourisme, comme les Panhard, les Peugeot et les Dietrich; 6 à 30 *ch* pour les omnibus, les voitures de livraison et les tracteurs, tels que les de Dion-Bouton, les Scotte et les Weidknecht. Au delà, les tracteurs sont de véritables locomotives routières. Je ne parlerai donc que des moteurs d'au plus 30 *ch* : et s'il m'arrive de considérer de plus grandes puissances, ce ne sera qu'à titre documentaire.

Machines à vapeur.

Je commence par la machine à vapeur, naturellement la première en date.

Moteur proprement dit. — Considérons d'abord le moteur proprement dit. Il se présente toujours sous une forme simple, car le condenseur n'est pas applicable aux appareils de locomotion, en raison de la quantité d'eau qu'il nécessite, et d'autre part la détente multiple n'a d'effet appréciable que

dans les machines d'une assez grande puissance : on ne rencontre guère le dispositif compound que dans quelques lourdes automobiles. Au reste, la simplicité du moteur est une condition essentielle de succès, et l'on ne peut s'en départir, au bénéfice problématique du rendement, que si la présence d'un mécanicien est indispensable.

Les recherches les plus intéressantes concernent les moteurs rotatifs, qui permettraient d'obtenir la rotation directe de l'essieu sans point mort et avec une grande douceur. Mais ces appareils exigent une construction très soignée et, jusqu'ici, ils ont été d'un rendement plutôt inférieur, surtout en raison de la difficulté d'assurer une étanchéité suffisante. Parmi les très nombreux dispositifs imaginés, je me contenterai de citer, comme toute dernière nouveauté, celui de notre distingué Collègue M. Pierre Arbel.

Dans ce moteur, le corps de pompe est un cylindre horizontal surmonté d'un chapiteau où se trouvent les organes de distribution. Le piston est formé : 1° d'un autre cylindre de même longueur, guidé de façon à rouler sur le corps de pompe : à cet effet, ce cylindre enveloppe deux cames fixées sur l'arbre moteur; 2° d'une cloison qui fait corps avec le cylindre mobile et glisse dans un genou placé à la base du chapiteau. Deux robinets sont disposés symétriquement par rapport au genou : l'un sert à l'admission, l'autre à l'échappement; tous deux sont commandés par une seule manette, de sorte qu'en ouvrant le premier on ferme le second et qu'on change le sens de la marche. L'entraînement du cylindre-piston sous la pression de la vapeur provoque, par l'intermédiaire de billes, l'entraînement des deux cames, et par conséquent de l'arbre moteur. L'étanchéité des joints est obtenue par des bouchons de liège, introduits à grande compression dans des alvéoles de façon à affleurer sur les faces latérales de tout le piston ; ces bouchons se gonflent par l'humidité de la vapeur, et forment un joint excellent à frottement très doux. Un seul graisseur lubrifie toutes les surfaces frottantes. Le moteur de 140 *kg*, volant compris, qui figurait à la récente Exposition d'automobiles donnait 6 *ch* sur l'arbre avec de la vapeur à 10 *kg*.

Générateur. — Considérons maintenant le générateur. C'est véritablement l'organe important, l'âme de la machine. Il doit remplir ici de multiples conditions : sécurité, faible encombre-

ment, mise en marche rapide, légèreté relative. Pour y répondre, il faut recourir soit aux chaudières aquitubulaires, soit aux chaudières à tubes pendentifs, genre Field, soit aux chaudières à vaporisation instantanée, type Serpollet.

Les chaudières aquitubulaires ne conviennent qu'aux tracteurs et aux voitures très chargées, car elles sont lourdes ; pour ce genre de véhicules, elles pèsent une demi-tonne à vide. Bien qu'il ne soit pas adopté, il y a lieu de recommander l'emploi des tubes à ailettes, qui constituent un des perfectionnements les plus remarquables réalisés dans les chaudières ignitubulaires des locomotives. Des essais faits au P.-L.-M. par notre éminent collègue M. Baudry ont montré qu'à puissance égale l'encombrement est notablement diminué, et que, à moyen tirage, les chaudières à tubes lisses expérimentées vaporisaient 7,5 *kg* par kilogramme de charbon, tandis que les chaudières ayant des tubes à ailettes vaporisaient 9,2 *kg*. Il ne faut du reste pas s'attendre avec les chaudières des automobiles à des vaporisations aussi intenses.

Aux chaudières aquitubulaires, quelques constructeurs préfèrent les chaudières à tubes pendentifs, dont le poids n'est pas moindre, mais dont la mise en marche est plus rapide. Dès 1880, Bollée utilisait les chaudières Field, qui ont été améliorées par M. Scotte.

Ces diverses chaudières contiennent une cinquantaine de kilogrammes d'eau à haute température. C'est là un inconvénient minime, puisque les véhicules qui les portent sont toujours conduits par un mécanicien. En substituant au volant de chaleur formé par cette masse d'eau un volant de chaleur formé par les tubes mêmes de la chaudière, M. Serpollet a rendu possible la conduite du générateur par des mains peu expertes, et a fait un premier pas dans l'application de la vapeur à l'automobile de tourisme, où la présence d'un mécanicien est inadmissible. Vous connaissez tous, Messieurs, les éléments caractéristiques de la chaudière Serpollet ; vous avez présente à l'esprit la forme si particulière de ces tubes épais, où la vapeur se lamine et se surchauffe, où la production est intense sans qu'il y ait cependant le moindre danger d'explosion, au point que le contrôle a dispensé cette chaudière des appareils accessoires dont il gratifie si abondamment les autres générateurs.

Mais une chaudière inexplosible et à mise en marche rapide ne suffisait pas : il fallait encore qu'on pût conduire du siège, sans qu'un aide gênant — et pesant, — eût à intervenir pour

l'alimentation en eau et en combustible. Cela conduisait fatalement à substituer au coke un combustible liquide, d'ailleurs beaucoup moins sale et moins encombrant. C'est en adjoignant à son générateur le chauffage au pétrole que M. Serpollet a vraiment créé l'automobile à vapeur pour tourisme.

PERFECTIONNEMENTS DE LA MACHINE A VAPEUR. — Je vais maintenant examiner, autant que faire se peut, les perfectionnements principaux dont est susceptible la machine à vapeur appliquée aux automobiles.

Il est certain que, au point de vue mécanisme, des améliorations intéressantes peuvent se produire. Ainsi, pour le moteur, il y a lieu d'espérer qu'on arrivera à simplifier beaucoup la distribution et le graissage, comme l'a cherché M. Serpollet dans un moteur récent et extrêmement remarquable, où tous les organes délicats sont supprimés; on arrivera aussi à construire des moteurs rotatifs étanches, comme vient de le tenter M. Arbel. Pour le générateur, on parviendra à réduire le poids et l'encombrement: ainsi, dans une étude que j'ai eu l'honneur de faire ici même l'année dernière, je montrais que le volant de chaleur, constitué par la masse d'eau dans les chaudières tubulaires et par la masse des tubes dans les chaudières Serpollet, n'est plus nécessaire si l'on adopte un combustible liquide, si l'on proportionne, par des dispositifs automatiques faciles à imaginer, l'alimentation en eau et l'alimentation en combustible, et si l'on règle les alimentations suivant la quantité de vapeur dépensée. M. Serpollet vient précisément de construire une chaudière qui répond à ces desiderata : à égale production de vapeur, l'encombrement et surtout le poids ont été notablement diminués, par rapport aux anciens générateurs à gros tubes en U; pour un moteur de 5 *ch* effectifs, l'ancien générateur pesait 350 *kg*, et le nouveau n'en pèse que 45, avec une vaporisation de 9 à 10 *kg* d'eau par kilogramme de pétrole.

Mais ces améliorations sont surtout matérielles; elles touchent à ce que M. Clark a si justement appelé l'anatomie du moteur. Malheureusement, il y a beaucoup moins de progrès à espérer de sa physiologie. La véritable mesure de cette physiologie est le renversement thermique, auquel nous serons souvent amenés, faute de documents, à substituer le rendement effectif, qui est, comme on le sait, le produit du premier par le rendement organique.

En inventant le double effet, la détente et le condenseur,

Watt créa véritablement la machine à vapeur industrielle ; il fit brusquement tomber la dépense de charbon de 10 à 4 *kg* par cheval-effectif et par heure. Depuis on a réalisé, dans le moteur et dans la chaudière, des progrès tels que cette dépense s'est abaissée, pour certains cas, à moins de 1 *kg*. Toutefois, dans les machines de faible puissance et sans condensation, les seules que nous avons à considérer, la consommation est encore de 2 *kg*. En prenant 7500 calories comme pouvoir calorifique du charbon, l'énergie libérée par la combustion est

$$7500 \times 2 \times 425 \ kgm$$

pour un travail effectif de

$$75 \times 3600 \ kgm,$$

ce qui donne un rendement effectif de

$$\frac{36}{2 \times 425} = 4{,}2 \ 0/0$$

C'est une valeur si faible, — j'allais dire si déconcertante, — qu'à première impression on doit penser qu'elle peut être sensiblement améliorée. La réflexion fait vite évanouir cet espoir. En effet, durant un siècle, cette classe de moteurs thermiques a été l'objet de nombreuses et savantes études tant sur la production que sur l'utilisation de la vapeur; notre Société a pris une trop large part à ces études pour qu'il soit nécessaire d'y insister, et cette salle s'en faisait encore l'écho il y a quelques semaines dans une discussion toujours ouverte. Or, malgré ces travaux considérables où tant d'ingénieurs éminents ont dépensé le meilleur de leurs efforts, les machines les plus puissantes, partant les plus économiques, les machines dotées de tous les perfectionnements, vapeur surchauffée, détente multiple, condensation énergique, consomment encore 650 *g* par cheval-heure sur l'arbre, ce qui donne un rendement de 13 0/0. Tel est le cas, par exemple, des machines Sulzer, du moteur à triple expansion de la filature de Göggingen, et de la machine à très grande surchauffe de Schmidt (350° C). Pour les machines destinées aux automobiles, on obtient à peine un rendement de 5 0/0.

On s'explique ces faibles valeurs dès que l'on analyse les multiples pertes de calorique dans les machines à vapeur. Ces pertes, il ne faut pas l'oublier, tiennent beaucoup moins à l'imperfection fatale des organes qu'au principe même de semblables machines. Ainsi, le rendement des chaudières atteint aisément

70, parfois même 80 0/0, ce qui correspond à une vaporisation de 8 ou 9 *kg;* le rendement organique, c'est-à-dire le rapport entre le travail sur l'arbre et le travail réel de la vapeur dans le cylindre, ou travail indiqué, atteint les mêmes valeurs : le produit de ces rendements varie encore de 50 à 65 0/0, et si le rendement total des machines à vapeur n'est en général que de 5 à 10 0/0, c'est que le travail réel de la vapeur admise n'est et ne peut être qu'une très faible fraction, 15 à 20 0/0, de l'énergie calorifique que cette vapeur contient.

En effet, lors même qu'on parviendrait à réaliser le cycle de Carnot, la seule nécessité du changement d'état du corps transformateur donnerait une perte de 70 0/0 avec l'eau. Dans certaines applications, cette perte peut être réduite en choisissant un autre liquide intermédiaire : cette façon de voir n'a pas toujours été admise, par une fausse interprétation du théorème de Carnot, d'après laquelle on croyait que le rendement du cycle parfait était indépendant de la nature des corps transformateurs, alors que la loi de la chaleur latente de vaporisation, différente suivant ces corps, joue un rôle important; les expériences de MM. Escher Wyss et de M. Yarrow avec des machines à vapeur de naphte ont mis ce fait hors de doute. Mais ici ce point de vue est purement spéculatif, car, pour l'automobile, l'eau est le seul transformateur pratique : elle se trouve partout et elle est, de tous les corps, celui qui présente la plus grande chaleur spécifique, qualité appréciable pour un intermédiaire qu'on est obligé de transporter. Avec ce véhicule, la loi

$$Q = 606{,}5 + 0{,}305\,t - t_1$$

montre aisément que 70 0/0 de la chaleur arrivent au condenseur, et sont perdus comme énergie.

D'autre part, la nécessité du changement d'état n'est pas la seule cause de perte inhérente à l'emploi de la vapeur, car le cycle parfait n'est pas réalisable, et le cycle thermique des machines à vapeur, même avec détente multiple, surchauffe, etc., a un rendement moitié moindre. Ce rapport entre les rendements du cycle réel et du cycle parfait est des plus intéressants à étudier : Zeuner, qui s'est livré à cette étude, ne l'a pas trouvé supérieur à 60 0/0 pour les machines de grande puissance les mieux établies.

Dans ces conditions, le travail de la vapeur d'eau dans le cylindre est au maximum $0{,}30 \times 0{,}60 = 0{,}18$ de son énergie calorifique. Si l'on ajoute à ces pertes la très grande sensibilité de

la vapeur à l'action des parois métalliques, cylindres et conduites, qui cause une déperdition importante, on conçoit et la petitesse du rendement total et la difficulté de l'améliorer, surtout dans les machines de faible puissance. Ainsi, en admettant 0,80 comme rendement de la chaudière, 0,30 comme rendement du cycle parfait, 0,60 comme coefficient de réduction pour le cycle réel, 0,90 comme rendement organique, — toutes hypothèses qui impliquent un haut degré de perfection, — on obtient un rendement total de 13 0/0. Ces résultats concordent bien avec les conclusions formulées par M. Dwelshauwers-Déry; le distingué professeur de l'Université de Liège considère 20 0/0 comme le maximum du rendement thermique qu'on puisse pratiquement atteindre, ce qui correspond à un rendement total de 15 à 16 0/0 : la consommation de vapeur serait alors d'un peu moins de 3 *kg* par cheval-heure.

J'ai cité quelques exemples, très rares du reste, où l'on a atteint 13 0/0; aussi peut-on dire avec certitude que la machine à vapeur est arrivée à son apogée. Évidemment, les perfectionnements de construction ou de fonctionnement, comme le mode de distribution et l'alimentation automatique en combustible liquide, augmenteront le rendement total; mais ces améliorations ne sauraient être profondes.

Moteurs à pétrole.

L'automobile à pétrole, qui a pris un si prodigieux développement, ne date, Messieurs, que de onze ans, quand Benz et Daimler créèrent leurs moteurs, d'où dérivent tous ceux qu'on emploie encore aujourd'hui.

Le moteur Benz était à un seul cylindre horizontal, et le moteur Daimler à deux cylindres légèrement inclinés à droite et à gauche de la verticale, de façon à faciliter les démarrages. Leur caractéristique commune, la cause de leur commun succès, est la compression de l'air carburé avant l'explosion.

De la compression préalable. — Quels sont donc les avantages de la compression préalable?

A puissance égale, elle diminue le poids et surtout l'encombrement. Aujourd'hui, avec des moteurs qui tiendraient dans un chapeau à haute forme, on ne se fait pas faute d'obtenir 2 ou 3 *ch* : si l'on y ajoute le carburateur et le dispositif d'allumage, on arrive à un volume en somme très réduit.

C'est que la compression préalable augmente singulièrement le rendement thermique, pour diverses raisons. La combustion est facilitée, ce qui permet d'opérer à dosage plus faible et de simplifier le carburateur. La valeur de la pression maximum est plus considérable, la période de détente plus prolongée. Enfin la perte de chaleur par les parois — très sensible avec les températures élevées produites dans le cylindre et la nécessité de les refroidir pour ne pas décomposer le lubrifiant, — est beaucoup diminuée par la compression, ainsi que l'ont montré MM. Mallard et Le Châtelier, Vieille et Aimé Witz.

Pour traduire ces avantages par des chiffres, je citerai les moteurs à gaz d'éclairage, sur lesquels de nombreuses expériences ont été faites, et dont la théorie est du reste la même que celle des moteurs à pétrole. La machine de Lenoir consommait 2500 *l* par cheval-heure; aujourd'hui la dépense est encore de 2000 *l* dans les moteurs sans compression; elle tombe à 600 *l* dans les moteurs à compression.

Le plus généralement, les moteurs d'automobiles sont à quatre temps : 1° aspiration de l'air carburé; 2° compression de cet air; 3° explosion; 4° expulsion des gaz brûlés. Ils sont trop connus aujourd'hui pour qu'il y ait lieu de les décrire. D'ailleurs ils ne diffèrent que par le nombre des cylindres (qui permet de réduire les dimensions du volant en augmentant la fréquence des temps actifs), par le dispositif d'échappement, et par le mode d'allumage de l'air carburé. L'allumage électrique est, avec raison, de beaucoup le plus employé dans les automobiles; l'avance à l'allumage, en produisant plus tôt l'explosion, donne un moyen simple de réduire la vitesse de marche. La soupape d'admission est toujours automatique, s'ouvrant ou se fermant suivant que l'excès de pression vient de l'intérieur ou de l'extérieur; au contraire, la soupape d'échappement s'ouvre mécaniquement, grâce à une came commandée par le moteur.

Ainsi compris, les moteurs à pétrole ont, sur les machines à vapeur, un désavantage très important. Ces dernières peuvent augmenter momentanément le travail développé, et cela dans d'assez grandes limites dans les machines ordinaires, ce résultat est obtenu grâce au grand volant de chaleur constitué par la masse d'eau chaude sous pression et, dans les machines sans volant de chaleur, grâce à la très grande rapidité de la vaporisation. Les machines à vapeur sont donc très élastiques, c'est-à-dire qu'elles fournissent, avec une économie normale, des quan-

tités de travail très variables : les démarrages et les coups de colliers sont, par suite, relativement aisés. Au contraire, les moteurs à pétrole ne sont susceptibles d'une variation de puissance que dans le sens de la diminution : en effet, la quantité d'air carburé est réglée par le volume du cylindre ; d'autre part, la richesse de ce mélange ne peut notablement varier, puisque l'explosion ne se produit plus dès qu'on s'éloigne un peu, en plus ou moins, des proportions qui correspondent à une combustion chimique complète. La quantité et la richesse du mélange explosif étant à peu près invariables, il en résulte qu'on ne peut augmenter sensiblement la puissance.

PERFECTIONNEMENTS DU MOTEUR A PÉTROLE. — Nous devons nous demander maintenant, comme nous l'avons fait pour la machine à vapeur, quels perfectionnements on peut prévoir dans le moteur à pétrole.

Tout d'abord, constatons que le moteur à compression préalable date seulement d'un peu plus de dix ans, et que, dans ces conditions, il semble *à priori* susceptible d'améliorations beaucoup plus sensibles que son rival, qui date industriellement de plus d'un siècle, et sur lequel on a presque tout dit. Mais ce n'est là qu'une présomption ; il convient de la fortifier par des arguments.

Tout le monde semble d'accord sur la nécessité de soustraire la carburation aux influences extérieures et de perfectionner l'allumage. Ce sont là des questions d'un très grand intérêt, mais secondaires au point de vue général auquel nous nous plaçons : car, si l'on s'en tenait à perfectionner la carburation et l'allumage, on augmenterait sans doute les réelles aptitudes du moteur à pétrole à la locomotion automobile sur routes, mais on ne les étendrait pas d'une façon notable.

Tout autre, à notre sens, pourrait être la conséquence d'un refroidissement moins brutal des parois du cylindre. L'explosion développe des températures considérables, et, plus elles sont élevées, meilleur est le rendement. Mais, d'autre part, on est tenu de refroidir les parois, sous peine de décomposer le lubrifiant, absolument indispensable dans ces moteurs où l'arbre tourne généralement de 1 200 à 1 800 tours. Or, dans certains moteurs, le refroidissement absorbe jusqu'à 30 0/0 du calorique. Il y a donc un très grand intérêt à se servir d'un lubrifiant qui ne se décompose qu'à température aussi grande que possible ; on emploie exclusivement aujourd'hui les huiles minérales, et en particulier

l'oléonaphte, qui distille entre 330 et 400 degrés. Il y a également intérêt à ne refroidir que de la quantité nécessaire pour éviter sûrement cette décomposition ; le refroidissement par circulation d'eau, ou par ailettes que baigne le courant d'air dû à la marche, est le plus souvent très irrégulier, soit qu'on introduise des quantités d'eau par trop fortes, soit que les conditions atmosphériques se modifient. Il n'est cependant pas impossible de réaliser un refroidissement plus méthodique : il suffirait, par exemple, de régler, à l'aide d'un jeu de valves automatiques, la quantité d'eau chaude remplacée suivant la température des parois, ou d'injecter sur les ailettes du moteur une masse d'air d'autant plus grande que cette température serait plus élevée. Notre Collègue M. Diligeon a tenté de réaliser ce dernier dispositif en faisant les ailettes longitudinales, et en plaçant suivant l'axe du cylindre un ventilateur actionné par le moteur même.

Telles sont, Messieurs, les principales considérations que j'avais à formuler relativement à l'anatomie du moteur à pétrole. Nous avons maintenant à nous occuper de sa physiologie, autrement dit de son rendement thermique.

On conçoit *a priori* qu'il doit être plus grand que dans la machine à vapeur, puisque le foyer est intérieur, que l'énergie calorifique se transforme en travail mécanique sans intermédiaire et dès sa mise en liberté par la combustion. C'est du reste ce que l'on constate, surtout avec le moteur à compression préalable.

Comme pour la machine à vapeur, le rendement croît avec la puissance : il est donc sensiblement plus élevé pour les moteurs industriels que pour les moteurs applicables à l'automobilisme. Ainsi, dans l'industrie, les moteurs Priestman consomment 500 *g.* par cheval-heure effectif, ce qui donne un rendement de 13 0/0. Au contraire, sur des moteurs Daimler de 2 à 4 *ch*, le professeur Hartmann n'a obtenu qu'un rendement de 9,7; le rendement thermique fut de 11 0/0.

Ces derniers résultats concordent avec des expériences prolongées et très consciencieuses faites sur les voitures automobiles inscrites pour la course du *Times Herald* de Chicago. J'ai calculé (voir tableau ci-joint), en éliminant les expériences suspectes, que la consommation de pétrole par cheval-heure à la jante des roues a été de 1,74 *kg* en moyenne, et que le travail au frein fut sensiblement double du travail à la jante. La consommation

Renseignements résultant du Rapport sur les voitures à pétrole ayant pris part à la course du « Times Herald » de Chicago.

		NOMBRE D'ESSAIS	EFFORT de TRACTION f	VITESSE du VÉHICULE	PUISSANCE A LA JANTE $\tau = \frac{fV}{75}$	PUISSANCE DU MOTEUR en chevaux effectifs $\mathfrak{C}$	RAPPORT $\frac{\tau}{\mathfrak{C}}$	CONSOMMATION DE GAZOLINE par chev.-heure à la jante
			kg	*m/s*	*ch*	*ch*		*kg*
De La Vergne.	Moteur Benz à 1 cylindre. — Roues à caoutchouc plein avec roulements lisses. — Poids total : 765 *kg*.	1	16,2	3,12	0,70	1,41	0,50	2,50
		2	23,6	5,10	1,57	2,97	0,53	1,29
Duryea Spingfield.	Moteur à 2 cylindres. — Roues à pneus avec roulements lisses. — Poids total : 552 *kg*.	1	38,0	2,20	1,10	1,69	0,65	1,65
Mueller.	Moteur à 1 cylindre. — Roues à caoutchouc plein avec roulements lisses. — Poids total : 714 *kg*. .	1	41,9	2,15	1,18	1,79	0,66	1,34
		2	19,3	2,74	0,69	1,46	0,47	2,54
		3	18,0	2,86	0,66	1,47	0,45	2,60
		4	33,4	5,00	2,18	3,75	0,58	0,71
		5	15,7	5,90	1,23	3,00	0,40	1,53
	Moyennes pour le moteur Mueller						0,51	1,74

moyenne était donc de 870 *g* de gazoline par cheval-heure effectif, représentant un rendement de 7,3 0/0, et un rendement thermique de 9 à 10 0/0.

Ces essais remontent à trois ans, et, depuis, des progrès assez sensibles ont été réalisés. On obtient aujourd'hui des rendements thermiques de 11 à 12 0/0.

Ces rendements peuvent-ils être améliorés? Le rendement effectif est fonction du rendement organique, que nous ne pouvons examiner dans une étude générale. Par contre, le rendement thermique dépend surtout des principes appliqués, et c'est sur lui qu'il convient de porter notre attention, ce qui nous conduit à examiner le cycle des moteurs à pétrole.

1° Considérons le premier temps, aspiration de l'air carburé. Théoriquement, la composition de cet air doit être celle qui correspond à la combustion complète : l'excès de pétrole abaisserait le rendement en donnant une perte sèche d'une fraction du combustible; l'insuffisance de carbure entrainerait une perte de la puissance. En pratique, avec les carburateurs généralement employés dans les automobiles, on règle l'admission de l'air au carburateur de façon à obtenir des explosions nourries, qu'une oreille exercée reconnait assez bien. Les proportions chimiques donnent le maximum d'inflammation du mélange : au delà et en deçà, l'inflammation diminue; bientôt même, elle ne se produit plus. En fait, les proportions chimiques ne sont jamais obtenues; il y a toujours excès d'air ou de carbure, et ce dernier cas se trahit par l'odeur si caractéristique et si désagréable que vous connaissez. De cette analyse résulte ce desideratum : carburateur d'un réglage facile et soustrait aux influences atmosphériques, — ou bien dispositifs permettant d'employer l'air en excès sans ratés et sans diminution sensible de la puissance, c'est-à-dire sans diminution de la quantité de carbure à brûler.

2° La compression préalable est une phase très importante puisque, grâce à elle, les moteurs à pétrole ont pu être appliqués aux automobiles. Plus elle est énergique, plus le rendement thermique augmente ; mais comme l'air carburé devient spontanément explosif à partir d'une certaine température et d'une certaine pression, il faut la limiter à 6 ou 8 *kg*, pour éviter des explosions prématurées et fort dangereuses. Le rendement pourrait donc être notablement amélioré si l'on parvenait à écarter sûrement le danger de ces explosions intempestives.

D'autre part, comment y a-t-il lieu, théoriquement, d'opérer

la compression préalable ? La supériorité de la compression isothermique a été admise jusqu'ici ; elle serait évidente si le degré de compression intervenait seul, puisque, pour obtenir une pression déterminée, elle exige un moindre travail que la compression adiabatique. Mais d'autres éléments sont en jeu, notamment la température de l'air comprimé ; l'état final de cet air a une influence considérable sur le mode d'explosion, c'est-à-dire sur la phase importante où l'indicateur décrit la partie supérieure du diagramme. Je ferai voir tout à l'heure comment on a pu, dans un exemple retentissant, sanctionné par des résultats extrêmement remarquables, préférer la compression adiabatique.

3° Passons maintenant au 3e temps, explosion suivie de détente. La théorie des moteurs à gaz tonnant montre que le rendement augmente avec la température et la pression maximum. Dans ces conditions, il semble qu'il convienne d'obtenir une explosion aussi brusque que possible, ce qui donne en outre l'avantage, toutes choses égales d'ailleurs, de prolonger la détente.

Cette conclusion a été vérifiée sur les moteurs tels qu'on les construit actuellement. Toutefois, si elle était généralisée, elle ne serait pas exacte. Il convient seulement de dire qu'il y a intérêt à s'élever très rapidement aux pressions supérieures. On comprendra ma pensée en se reportant à ce qui s'est passé dans la balistique : tant qu'on n'a connu que les poudres vives, on a pu croire qu'il fallait obtenir une explosion très brusque ; avec l'apparition des poudres lentes, dont vous connaissez le mécanisme, on a été amené à obtenir rapidement les pressions élevées, sans brusquer toutefois l'explosion, qu'on prolonge au contraire, mais en maintenant la pression.

L'explosion élève notablement la température. Le rendement croît avec celle-ci, conformément au principe de Carnot, qui est vrai pour toutes les machines thermiques. Il y a donc intérêt à refroidir les parois avec précaution, ainsi que je l'ai déjà dit, car un refroidissement trop grand, en augmentant sans raison l'écart entre la température extérieure et la température intérieure, facilite la perte par les parois.

Le 3e temps s'achève par une détente adiabatique, comme dans le cycle de Carnot. L'utilisation croît avec la vitesse de la détente, qui diminue la durée de contact des gaz avec les parois du cylindre. Il faut prolonger cette détente jusqu'à ce que la

chute de température des gaz soit suffisante, sans descendre toutefois à un effet utile trop faible.

4° Le cycle se ferme par l'expulsion des gaz brûlés. Contrairement à l'opinion d'Otto, il y a lieu de réduire autant que possible l'espace mort. Aussi n'est-ce pas tout à fait sans raison que, dans certains moteurs, comme le moteur à gaz Griffin, les produits de la combustion sont complètement chassés par une compression d'air pur, naturellement précédée d'une aspiration, ce qui porte à 6 le nombre des temps du cycle; en outre, cette disposition peut offrir, à mon sens, l'avantage de permettre un refroidissement judicieux.

La chaleur des gaz expulsés est parfois employée à élever la température du combustible pour faciliter la carburation. Je goûte peu ce procédé, car il faut toujours se garder d'élever la température de l'air aspiré, sous peine de diminuer le rendement. J'estime au contraire qu'il y a un avantage certain et appréciable à attendre d'un carburateur dont le fonctionnement abaisserait la température du fluide sans compromettre la dilution du carbure.

Cette rapide analyse vous montre, Messieurs, que les moteurs à compression préalable ne sont rien moins que perfectibles. Et de fait, leur rendement thermique vient d'être, sans coup férir, plus que triplé par un dispositif qui réalise plusieurs des desiderata que je viens d'énumérer. C'est là, comme l'écrivait fort justement notre Collègue M. Mallet, une victoire entièrement due à la Thermodynamique, et cette science, dont l'utilité est parfois méconnue, a le droit d'en être fière.

Vous avez deviné que le dispositif auquel je fais allusion est celui de M. Rodolphe Diesel. Il est la traduction matérielle d'idées que cet Ingénieur avait exposées dès 1893 dans une brochure qui fit beaucoup de bruit; je n'en retiendrai que trois, qui me paraissent les plus essentielles.

1° Pour avoir les avantages d'une compression préalable énergique sans les redoutables inconvénients d'explosions prématurées, M. Diesel comprime l'air sans le carburer. Cette compression se fait à 34 *kg*, soit à une valeur 6 à 7 fois plus forte que dans les moteurs habituels. Elle est adiabatique, de façon à élever la température et à provoquer la combustion spontanée dès l'admission du pétrole, sans l'intervention d'aucun appareil d'allumage. Pour atteindre ce résultat, la compression isothermique eût demandé une pression finale irréalisable, 100 *atm* au moins:

en gardant dans le fluide toute la chaleur dégagée par sa compression, on n'a besoin que de 30 à 40 *atm*, ce qui est facile en pratique ;

2° Grâce à la haute température obtenue au moment de l'injection du pétrole, la combustion a lieu même en présence d'un excès d'air, du moins tant que cette température est à peu près maintenue ; la combustion n'est d'ailleurs sûrement complète qu'à cette condition. La combustion avec excès d'air est un fait nouveau et d'une haute importance. Elle ne peut se produire dans les moteurs à compression d'air carburé parce qu'il y a, dans ces moteurs, un écart considérable entre la température du fluide comprimé et la température de combustion spontanée, écart que l'étincelle a pour but de faire franchir : encore faut-il qu'elle soit suffisamment chaude, et que la température qu'elle donne pendant un temps très court se continue grâce à la combustion de proche en proche, sans être absorbée par les parties inactives que constituerait l'excès d'air ou de carbure. Telle est l'explication qui m'a paru la plus rationnelle ;

3° D'autre part, l'introduction du pétrole est graduelle, et la pression maximum obtenue dès le début du troisième temps ne faiblit pas sensiblement, puisqu'elle a lieu suivant une isotherme assez courte ; on peut ainsi obtenir des avantages que j'estime tout à fait comparables à ceux des poudres lentes. Naturellement la détente est adiabatique.

Le cycle du moteur Diesel est donc formé de deux adiabatiques, correspondant l'une à la compression, l'autre à la détente ; elles sont coupées : à la partie supérieure du diagramme, par une isotherme à température élevée, et, à la partie inférieure, par une courbe de faible longueur qu'il est assez difficile de définir. C'est la réalisation presque parfaite du cycle de Carnot.

L'inventeur prétend que, théoriquement, la consommation doit descendre à 112 *g* par cheval indiqué et par heure, ce qui correspond à un rendement thermique de 75 0/0. Un moteur monocylindrique de 20 *ch*, expérimenté avec le plus grand soin devant une Commission d'Ingénieurs français dont faisaient partie M. Sauvage et plusieurs de nos Collègues, a donné 34,2 0/0 en pleine charge et 38,5 en demi-charge. Ces résultats placent, et de beaucoup, le moteur Diesel à la tête de tous les moteurs thermiques, quels qu'ils soient. Remarquez que le rendement à demi-charge est plus élevé qu'à pleine charge : cela prouve bien, contrairement aux idées admises, que l'excès d'air n'est pas forcément nuisible.

Quant au rendement organique, il a été de 75,1 0/0 en pleine charge, et de 58,7 en demi-charge, ce qui donne finalement, comme cela est naturel, un rendement total plus faible à demi-charge.

Les résultats obtenus ont été très constants, car la marche est à ce point régulière que la Commission française a trouvé une superposition absolue pour 83 diagrammes consécutifs.

En raison de son rendement singulièrement élevé, le moteur Diesel est d'un poids assez faible ; il ne dégage pas d'odeur et ne s'encrasse pas, puisque la combustion du carbure est complète ; il fonctionne sans bruit, sans chocs et sans vibrations ; de plus, il n'a pas d'appareil d'allumage, ce qui n'est pas un avantage médiocre : en effet, l'allumage par brûleurs donne parfois des ratés, et l'allumage par étincelle, outre qu'il comporte d'assez nombreuses sujétions, nécessite des accumulateurs, des bobines, des bougies etc., et encombre de ses fils le mécanisme des automobiles, toujours trop compliqué. La mise en marche est extrêmement facile, grâce à un réservoir auxiliaire où l'air est comprimé à 40 *kg;* de même qu'il suffit, dans une machine à vapeur sous pression, d'admettre la vapeur au cylindre, de même, dans le moteur Diesel, il suffit d'admettre l'air comprimé de ce réservoir. Enfin, toujours comme dans la machine à vapeur, les coups de collier sont possibles, puisque la quantité de carbure admis à chaque cycle est à la disposition du mécanicien, grâce à l'injection du pétrole après la compression en présence de l'air en grand excès. Pour faire varier la puissance, il suffit d'agir sur une came ; celle-ci commande une aiguille qui ouvre ou ferme plus ou moins l'injecteur de pétrole. Résultat remarquable : ces variations n'affaiblissent point le rendement, ainsi que le montrent les chiffres que j'ai donnés. Cette faculté de faire varier la puissance, que n'ont point les moteurs à compression d'air carburé, est très importante en automobilisme, où les démarrages, les coups de collier nécessités par les rampes ou l'état de la route, se présentent si fréquemment.

Toutes ces propriétés semblent désigner le moteur Diesel à l'attention de ceux qui s'intéressent à l'automobilisme ; ou plutôt, elles doivent retenir l'examen des Ingénieurs sur les principes si féconds d'où il est né. Au surplus, il n'est pas douteux pour nous que, malgré les résultats remarquables obtenus avec lui, il n'y ait encore d'importants progrès à réaliser. C'est ainsi, par exemple, que le refroidissement des parois, obtenu par circulation

d'eau, ne répond point aux desiderata que j'ai indiqués ; c'est ainsi encore que la découverte d'un lubrifiant ne se décomposant qu'à haute température augmenterait le rendement thermique d'une façon appréciable.

Moteurs électriques.

Le moteur des automobiles électriques se compose essentiellement d'une dynamo réceptrice dont l'induit est calé sur l'arbre moteur, et dont le courant inducteur est donné par une batterie d'accumulateurs : d'où le nom d'accumobiles dont on a si vilainement baptisé ces véhicules. On obtient avec une extrême facilité la mise en marche et les changements de vitesse en faisant varier le couplage des éléments par le jeu très simple d'un appareil dit combinateur.

Dans le problème de l'automobilisme sur rails, on ne manque plus aujourd'hui, toutes les fois que des sujétions d'espèce ne s'y opposent pas, de recourir à la prise de courant sur un fil aérien, ce qui constitue la solution la plus judicieuse et la plus élégante de la diminution du poids mort. Les automobiles sur routes, tenues d'employer des accumulateurs, ne peuvent s'affranchir d'un poids mort élevé, et, par surcroît, elles ont gardé le fil, du moins au figuré.

Elles sont, en effet, virtuellement retenues à l'usine génératrice. Il faut dire cependant que ce fil virtuel s'allonge tous les jours : de 20 *km* vers 1885, il a presque quintuplé aujourd'hui. On doit considérer d'autre part que les usines électriques se multiplient à l'envi, et que, sur la carte des pays industriels, on laisserait fort peu de blancs en hachurant des cercles décrits de toutes ces stations comme centres, avec un rayon d'action de 60 *km* seulement, pour tenir compte des sinuosités de la route. Si donc les automobiles électriques n'avaient contre elles que la nécessité de recharger les accumulateurs à une usine génératrice, cette sujétion, insupportable pour les voitures de tourisme, serait beaucoup moins grave pour des véhicules chargés d'un service public.

Mais il y a le poids mort, et c'est lui la véritable pierre d'achoppement de ce mode de traction. Jusqu'à présent, il a limité les applications des véhicules électriques à un transport d'un faible poids utile, 1 à 4 ou 5 voyageurs, conducteur non compris. Au récent concours de fiacres automobiles, le poids moyen des voitures en ordre de

marche était de 1500 *kg* en moyenne, dont 500 *kg* d'accumulateurs environ. On admet du reste en pratique que le poids des accumulateurs est de 30 0/0 environ du poids total.

Dans cette étude où nous négligeons les particularités des mécanismes, c'est donc des accumulateurs que nous avons à nous occuper. L'accumulateur actuel est une pile où l'oxygène carburant est emmagasiné dans une lame de plomb sous les espèces de peroxyde, tandis que le combustible est encore du plomb, mais à un état allotropique qui se prête à une combustion libérant une grande quantité d'énergie. Le principe de cet accumulateur, donné par Planté dès 1859, n'a été réalisé industriellement qu'en 1880, quand Faure imagina de rapporter l'oxyde sur les plaques. L'année suivante, Faure et Raffard appliquaient cette pile secondaire à la traction sur rails; mais la pile s'épuisait rapidement et se prêtait mal aux débits élevés nécessaires dans les démarrages ou dans les rampes; de plus, elle était très fragile, car les pastilles d'oxyde se désagrégeaient dans les chocs, tombaient entre les plaques, et les mettaient en court circuit. Imparfaite pour la locomotion sur rails, elle était tout à fait impropre à la locomotion sur routes, d'autant que son poids atteignait une valeur très élevée.

Aujourd'hui, ces divers inconvénients ont été atténués dans une large mesure; seul, le poids est toujours beaucoup trop considérable. C'est ainsi que les accumulateurs Fulmen employés dans 11 des 13 voitures électriques qui ont pris part au concours de fiacres, pesaient au moins 37 *kg* par kilowatt-heure, soit 27 *kg* par cheval-heure.

Les accumulateurs Fulmen utilisés sur les automobiles comportent des plaques formant un quadrillage à alvéoles rectangulaires où la matière active est logée. C'est sur la constitution et la répartition de cette matière que s'est principalement porté l'effort des constructeurs. Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques essentielles des divers types; l'indice $2n + 1$ de la lettre B, affectée aux types pour automobiles, indique qu'il y a n plaques positives et $n + 1$ plaques négatives.

Les chiffres de ce tableau correspondent au régime normal d'une décharge *continue* en 5 heures, au potentiel de 1,9 volt. Dans l'application aux automobiles, la batterie doit souvent fournir un nombre d'ampères double ou quadruple, aux démarrages notamment, soit en décharge continue, soit en décharge interrompue.

Mais les alternatives de repos et d'agitation pendant la marche sont favorables à la diffusion du liquide, de sorte que, en moyenne, on peut accepter les chiffres indiqués au tableau. Avec les dispositifs actuels, il est facile de multiplier la valeur du couple moteur dans le rapport de 1 à 8, ce qui rend les démarrages singulièrement aisés, et permet de monter sans effort des rampes de 12 à 13 0/0, comme la rue de Magdebourg, désormais célèbre dans les fastes de l'automobilisme.

		B_9	B_{11}	B_{13}	B_{17}	B_{21}
Longueur	*cm.*	8	9,5	11	14,5	18
Largeur	*cm.*	11	11	11	11	11
Hauteur d'encombrement	*cm.*	30	30	30	30	30
Poids total	*kg.*	5,3	6,5	7,7	10	12,4
Régime normal correspondant à une décharge en 5 heures au potentiel de 1,9 volts — Watts	*w.*	27	32	40	53	67
Watts-heure	$5w$.	133	160	200	266	333
Ampères-heure	$\frac{5w}{1,9}$.	70	85	105	140	175
Poids spécifique (*)	*kw-heure.*	40	40	37,5	37,5	37
—	*ch-heure.*	29	29	27,5	27,5	27

(*) Le poids spécifique est rapporté au poids *total* de l'accumulateur.

Quant aux parcours effectués sans recharge, ils ont atteint 100 *km* pour 4 à 500 *kg* de plaques au concours de juin ; la voiture Jenatzi a même couvert 148 *km*.

Conformément à notre programme, nous aurions à parler maintenant des perfectionnements possibles de l'accumulateur; mais c'est là une tâche singulièrement difficile. Il est probable que l'accumulateur à électrodes de plomb est perfectible, soit qu'on parvienne à mieux répartir l'oxyde, soit qu'on trouve un état allotropique plus favorable pour l'électrode brûlée, soit que de nouvelles dispositions géométriques se prêtent mieux à la charge et à la décharge. Toutefois, il ne semble pas que ces améliorations doivent être bien profondes; pour réaliser un perfectionnement véritablement réformateur, c'est dans une toute autre voie qu'il faut chercher.

Le plomb est-il le métal absolument nécessaire à l'accumulateur? Rien n'autorise à l'affirmer, et il ne paraît pas impossible de trouver, soit dans la famille du plomb, soit dans une autre famille, un métal moins lourd et meilleur marché qui, sous un état allotropique convenable, avec un oxyde bien préparé à l'autre

électrode, se prête aussi à l'emmagasinement et à la restitution faciles de l'énergie électrique. Les préparations mécaniques des électrodes jouent un tel rôle, et ces préparations peuvent être si diverses, qu'on finira peut-être par forcer d'autres métaux que le plomb à se plier à cette utilisation nouvelle.

De pareilles découvertes seraient grosses de conséquences dans l'industrie en général, et dans la locomotion en particulier. L'accumulateur léger : voilà la pierre philosophale de cette fin de siècle, avec cette différence sur celle du siècle dernier qu'il est encore téméraire de la qualifier d'utopie.

Conclusions.

Et maintenant, Messieurs, que conclure de ces aperçus sur les différents modes de production de la puissance motrice dans les automobiles?

1° Plaçons-nous d'abord au seul point de vue mécanique.

La vapeur se prête à la traction des véhicules de tous genres : voiturettes, voitures, camions, tracteurs. Elle a l'avantage de permettre les coups de collier; la mise en marche est facile et sûre, bien que relativement un peu longue. Dans les véhicules de tourisme, le combustible doit être liquide; dans les véhicules à poids utile élevé, où la présence d'un mécanicien non seulement n'est pas une gêne, mais encore est une nécessité, le combustible sera du charbon. L'un et l'autre combustibles se trouvent facilement.

Jusqu'ici, le pétrole ne semblait convenir qu'aux voitures légères, parce que les moteurs à compression d'air carburé ont un couple moteur sensiblement constant, et que, par suite, les démarrages, les coups de collier, la mise en marche sont difficiles à obtenir avec un appareil d'une puissance élevée. Aujourd'hui, il apparaît que ces défauts n'existent plus, et que le moteur à pétrole modifié pourra, question de dépense réservée, s'appliquer à toutes sortes de voitures.

L'électricité ne trouve d'application qu'avec les véhicules d'un faible poids utile, en raison du poids élevé des accumulateurs. Ses qualités maîtresses sont : mise en marche immédiate, remarquable souplesse en raison des grandes variations possibles du couple moteur; propreté; absence de bruit et de trépidations. J'ai signalé ses inconvénients et n'y reviens pas.

2° Mais, à côté du point de vue mécanique, il y a un autre

point de vue très important : c'est la dépense. Malheureusement, à cet égard les données ne sont rien moins que certaines. Comment, en effet, tenir compte des prix des automobiles, alors que ceux qu'on pratique actuellement ne pourront être maintenus quand la production ne sera plus hors de proportion avec la demande? Comment faire entrer en ligne les frais de conduite, l'entretien, les réparations, etc., alors que l'automobilisme est né d'hier et qu'on ne dispose pas de données suffisamment générales et prolongées? Je m'en tiendrai donc, à mon grand regret, à des observations très générales.

Le rendement des machines à vapeur pour automobiles est environ la moitié du rendement des moteurs à pétrole actuels; celui-ci peut d'ailleurs être triplé par les modifications que j'ai indiquées. Il y a donc et il y aura de plus en plus avantage, quand le combustible ne peut être du charbon, quand il doit être du pétrole, à l'employer dans des moteurs à foyer intérieur et non dans des machines à vapeur : tel est le cas de toutes les voitures où l'on ne saurait admettre un mécanicien.

Au contraire, dans celles où le charbon peut être employé, les machines à vapeur, malgré leur faible rendement, sont, en France, beaucoup plus économiques que les moteurs à pétrole les plus perfectionnés. Pour le montrer, prenons les prix admis par la Commission du concours des poids lourds, soit 35 *f* pour la tonne de charbon, et 0,40 *f* pour le litre de pétrole. Il en résulte que le kilogramme de combustible coûte 0,035 *f* pour le charbon et 0,60 *f* pour le pétrole de densité 0,67. En prenant 7500 calories comme pouvoir calorifique du charbon, et 10 000 comme pouvoir calorifique du pétrole, on voit que 10 000 calories coûtent environ 0,045 *f* avec le charbon, 0,60 *f* avec le pétrole. Il faudrait donc, pour qu'il y eût égalité de dépense, que le rendement effectif des moteurs à pétrole fût 14 fois celui des moteurs à vapeur, c'est-à-dire de 70 0/0 environ. Encore n'ai-je pas tenu compte de ce fait que la vitesse de l'arbre est beaucoup plus grande dans les moteurs à pétrole, et que, par suite, la perte dans la réduction de vitesse est plus grande. Aussi a-t-on pu dire avec exactitude, sinon avec esprit, que le cheval du moteur à pétrole est un cheval de luxe.

Toutefois, il faut remarquer que la dépense n'est pas un élément d'appréciation invariable. C'est ainsi que le fisc frappe de droits véritablement exorbitants le pétrole, ce produit d'un si haut intérêt dans l'industrie des moteurs, où il peut servir à des

emplois multiples : combustible dans les chaudières des machines à vapeur et dans les moteurs à carbure, lubrifiant des organes. Sans parler des pays pétrolifères, où son emploi exclusif s'impose, ce produit arrivera, dans nombre d'applications, à lutter avec le charbon dans tous les pays où il ne sera pas grevé de frais conventionnels, où il sera simplement chargé du prix d'extraction et du prix de transport. Aussi, bien que le pétrole n'appartienne qu'au règne minéral, il faut espérer qu'on lui accordera en France une partie des faveurs administratives réservées jusqu'ici aux produits plus nobles du règne végétal. Si ce légitime espoir est déçu, eh bien ! nous demanderons à l'ingéniosité des chimistes de tourner la difficulté : et voici déjà le carbure de calcium, accumulateur puissant dont 10 *kg* suffisent à entretenir un moteur d'un cheval pendant 10 heures. A l'heure présente, d'intéressants travaux sont faits dans cette voie ; mais la force brisante de l'explosif et sa décomposition en éléments gazeux et solides créent de sérieuses difficultés.

Quant à l'accumulateur électrique actuel, il ne peut entrer en comparaison, comme magasin d'énergie, avec le charbon et le pétrole, ces merveilleux réservoirs de puissance qu'un de nos anciens Présidents me définissait il y a quelque temps les accumulateurs du bon Dieu. Et je pense, pour ma part, que le génie humain aura grand'peine à créer un système qui, chargé en quelques heures, acquière une énergie spécifique comparable à celle qui s'est emmaganisée dans les accumulateurs naturels sous le poids des siècles. Cette énergie, il est vrai, le pétrole et surtout le charbon ne la restituent qu'à regret, au prix de dépenses très considérables, tandis que les accumulateurs à plomb y sont peu attachés et la rendent à un taux beaucoup moins usuraire; mais comme il faut les charger, leur seul avantage, au point de vue dépense, est dans la possibilité d'utiliser pour ce chargement des moteurs puissants, beaucoup plus économiques que ceux qui peuvent être directement placés sur les automobiles; en regard de cet avantage, il convient de placer la perte due aux intermédiaires électriques. Aussi la traction sur routes par accumulateurs est-elle notablement plus chère que la traction par vapeur quand on peut chauffer la chaudière avec du charbon ; toutefois, en France du moins, elle est plus économique que la traction avec les moteurs à pétrole actuels, mais elle a l'inconvénient de donner lieu à des véhicules extrêmement lourds, ce qui limite les applications de ce mode de traction.

C'est du moins ce qui résulte du Rapport sur le récent concours de fiacres, Rapport dont vous avez eu la bonne fortune d'avoir la primeur, et dont je vais résumer quelques-uns des très nombreux éléments.

A chaque sortie, les commissaires relevaient, au compteur de l'usine, le nombre de kilowatts-heure fournis aux divers véhicules pour compléter le chargement des accumulateurs. La totalisation de ces nombres, pour chaque voiture, représente donc toute la dépense d'énergie, perte des accumulateurs comprise. Sous réserve des corrections dues à l'étalonnage des compteurs, le tableau ci-joint donne la consommation réelle de chaque voiture. Le Jury a aussi calculé le nombre de watts-heure fournis

VOITURES ÉLECTRIQUES	CHARGE TOTALE fournie	PARCOURS TOTAL	CONSOMMATION par voiture-kilomètre, perte des accumulateurs comprise	VITESSE MOYENNE	NOMBRE de VOYAGEURS en général, conducteur compris	VALEUR de r
	kilowatts-heure	kilom.	watts-heure	km./heure		
Coupé Kriéger . . . N° 1.	84,62	479,8	176	13,3	4	1,05
Voiture Kriéger. . . N° 3.	90,49	476,4	189	13,4	5	1,08
Coupé à galerie Kriéger . . N° 16.	89,25	479,8	186	12,8	6	1,10
Coupé Jenatzy . . . N° 13.	106,11	479,8	221	13,8	3	1,24
Landaulet Jeantaud . N° 23.	97,32	479,8	203	11,6	3	1,10
Cab Jeantaud. . . . N° 25.	80,59	479,8	168	15,85	3	1,34
Moyennes.			190	13,45		

par les accumulateurs, le nombre de watts-heure consommés en palier et sur diverses rampes, la dépense journalière des divers modèles de fiacres électriques dans les conditions d'une journée-type, etc.; ces divers calculs exigent l'introduction d'hypothèses, en particulier sur le rendement des accumulateurs appliqués à la locomotion urbaine, sur les conditions d'exploitation, encore inconnues, de fiacres électriques dans Paris. Étant donné le but du concours, ils peuvent être intéressants dans le Rapport, mais ils ne sauraient trouver place dans une étude générale et limitée comme celle-ci. Je me suis contenté de mentionner, à titre d'indication, la valeur r assignée au rapport entre l'énergie consommée dans les itinéraires très variés qui ont été suivis et l'énergie qui serait consommée en palier; la valeur de r figure à la dernière colonne.

En ce qui concerne la voiture à pétrole, son unique représentant, la voiture Peugeot n° 12, a consommé le 9 juin, avec moteur éteint pendant la halte et le déjeuner, 16,250 *l* pour parcourir 60 *km*, soit 0,270 *l* par voiture-kilomètre ; la vitesse moyenne fut de 16,2 *km*, avec quatre voyageurs, conducteur compris. Or, il résulte de notre tableau que la consommation moyenne des fiacres électriques, à la vitesse de 13,45 *km* a été de 190 watts-heure. Adoptons d'autre part les prix admis par M. l'Inspecteur général Forestier, Président du Concours, soit 0,12 *f* par kilowatt-heure, 0,57 *f* par litre de pétrole, et 4 *f* pour l'entretien des accumulateurs pendant les 60 *km* journaliers ; on obtient de la sorte comme dépense pour ce parcours :

Accumulateurs. .	$(0{,}12 \times 0{,}190 \times 6) + 4$	$= 5{,}37\ f$
Pétrole	$0{,}57 \times 16{,}250$	$= 9{,}26$

Ainsi le concours de fiacres, qui a été une véritable révélation pour la voiture électrique, en tant que véhicule commode, lui attribue en outre une grande supériorité au point de vue dépense du moteur. Cette conclusion semble devoir être accentuée par ce fait que, dans un service urbain, il serait nécessaire, assure-t-on, de maintenir les brûleurs allumés et le moteur en marche aux stations et dans les arrêts, afin que la voiture à pétrole fût toujours à la disposition des clients.

Je me permettrai néanmoins, d'accord en cela avec beaucoup d'entre nous, de penser que l'avenir pourrait bien se charger de réhabiliter le fiacre à pétrole, et d'en assurer l'application dans nombre de villes. Il ne faut pas oublier, en effet, qu'on s'est assez peu préoccupé jusqu'ici de réduire la dépense du moteur à pétrole, presque exclusivement appliqué aux voitures de tourisme, pour lesquelles cette considération est assez secondaire. Si l'on veut en étendre l'emploi aux exploitations, où ce point de vue est essentiel, il faudra entrer résolument dans la voie des perfectionnements que j'ai indiqués ; et alors, du même coup, on supprimera les inconvénients réels des véhicules à pétrole pour la locomotive urbaine : l'odeur disparaîtra presque totalement, la mise en marche deviendra immédiate, les variations du couple moteur seront largement suffisantes pour les démarrages et les coups de collier. Ces perfectionnements, on est sûr de les réaliser, puisqu'on sait les moyens de les obtenir, moyens qu'il suffit de mettre au point pour des moteurs de faible puissance ; et alors le fiacre à pétrole, avec sa légèreté relative, conquerrait sans doute

la faveur du public, péniblement impressionné par le poids considérable des voitures électriques; d'ailleurs, ce poids n'est pas sans danger pour l'entretien et pour la sécurité des rues, si l'on s'avise de doubler les vitesses autorisées...

Un fiacre à pétrole ainsi conçu n'aurait pas, il me semble, une dépense bien supérieure à celle du fiacre électrique. En effet, avec un moteur genre Diesel, qui n'a pas de brûleurs, dont la mise en marche est immédiate, et dont le rendement thermique est trois fois plus élevé que dans le moteur habituel, on arriverait à 5 *l* pour 60 *km*, soit une dépense de 2,50 *f* pour Paris, où le pétrole, pris en quantité, coûte 0,50 *f*; cette dépense serait de 2 *f* dans la plupart des autres villes de France, et de 1,50 *f* dans les pays où ce produit n'est pas frappé de droits d'entrée. J'ajoute du reste, pour être parfaitement équitable, que la dépense attribuée plus haut à l'entretien des accumulateurs semble susceptible de réductions notables, bien qu'on puisse actuellement compter sur une centaine de charges et de décharges avant qu'il soit nécessaire de remplacer les plaques positives. Mais le prix de 0,12 *f* attribué au kilowatt-heure, à Paris, me paraît faible; et la Shoreditsch Vestry n'avait consenti le prix de 0,15 *f* à la Compagnie des automobiles de Londres que pour des chargements faits pendant le jour.

Il ne faut pas oublier d'autre part que la dépense du moteur est très inférieure aux frais divers d'exploitation, tels que personnel, matériel, remises, entretien, administration, etc. Pour Paris, M. Forestier estime ces frais journaliers à 14,48 *f* avec le fiacre électrique, à 16,38 *f* avec le fiacre à essence; la différence provient surtout de ce que le moteur à gaz tonnant et les transmissions de la voiture à pétrole se détériorent plus vite.

Vous me permettrez, Messieurs, à la fin de cette étude, de constater que, s'il convient d'attribuer à Benz et à Daimler la paternité de l'automobile à pétrole, s'il convient de mettre Diesel au premier rang des Ingénieurs qui ont perfectionné le moteur à foyer intérieur, du moins nous pouvons, sans conteste, revendiquer pour les nôtres la paternité de la voiture à vapeur et de l'automobile électrique. C'est en France que la voiture à vapeur est née avec François Cugnot, et qu'elle s'est affranchie avec Serpollet; c'est en France que l'accumulateur, créé par Planté et perfectionné par Faure, a été appliqué pour la première fois à la traction des véhicules par Faure et Raffard. Pendant que j'en

suis au chapitre des antériorités, je rappellerai simplement que Lenoir, l'inventeur du moteur à gaz, construisit la première voiture à pétrole bien avant Benz et Daimler, et que Ravel fit, avant Serpollet, un véhicule léger avec chaudière à vapeur chauffée au pétrole. Mais ces inventions n'étaient pas assez au point pour impressionner le public : aussi, suivant la plainte du poète : « *tulit alter honores*, c'est un autre qui en porte les honneurs. » A ces noms il faut ajouter, pour ne citer que les disparus, ceux de Pecqueur, l'inventeur du différentiel, de Bollée père, le créateur de l'avant-train à pivots conjugés, et de Levassor, qui, sans faire d'aussi maîtresses découvertes, mérita cependant, par ses constructions remarquables et sa foi militante, d'être appelé le Père de l'automobilisme.

Telles sont, Messieurs, les considérations que j'avais à vous présenter. On peut dire, sans nulle emphase, que nous sommes à l'aurore d'une ère nouvelle dans le problème si important de la locomotion sur routes, et que nous cherchons encore notre voie. C'est peut-être en de pareils moments que les études d'ensemble offrent le plus d'utilité : mon seul regret est qu'on n'ait pas demandé celle-ci à un Collègue plus autorisé.

NOTES ET OBSERVATIONS

SUR

L'EMPLOI DE LA VAPEUR

COMME

PUISSANCE MOTRICE

PAR

M. A. LENCAUCHEZ

En juin 1890 (1), j'ai fait avec notre Collègue M. Léon Durant, une première étude sur la production et l'emploi de la vapeur, comme force motrice ; et en août suivant, j'ai donné une note sur la haute pression à appliquer dans les machines compound ; en 1892 j'ai fait connaître, en mai et en juin, la puissance des locomotives de feu M. Belpaire notre Collègue, administrateur des chemins de fer de l'Etat Belge et en décembre 1894, en collaboration avec nos Collègues MM. G. Dumont et G. Baignères, j'ai appelé l'attention des constructeurs-mécaniciens sur la surchauffe des enveloppes des machines à vapeur. Aujourd'hui je me propose de dire quelques mots sur la vapeur surchauffée et sur les perfectionnements qui ont été réalisés, à ma connaissance depuis 1890, dans la construction des machines à vapeur, ainsi que sur les résultats qu'ils ont donnés.

Avant-propos

§ 1. — Je rappellerai d'abord qu'en 1890 et en 1894, je disais que quand on avait à établir une force motrice à vapeur, d'une grande puissance, comme celles réclamées aujourd'hui pour la production de l'énergie électrique, il fallait pour une puissance de 1 000 *ch* par exemple, avoir deux groupes de chaudières indépendantes dans la proportion de 1/3 à 1/2 à haute pression, admettons 12 *kg* ou 13 *atm* et de 2/3 à 1/2 à moyenne pression, c'est-à-dire à 7 *kg* ou 8 *atm*, pour des machines à condensation et à très grandes détentes monocylindriques, tandem et compound sui-

(1) Voir les *Bulletins de la Société des Ingénieurs civils de France*, juin et août 1890.

vant les cas, où ces trois types de machines peuvent être judicieusement employées, mais en augmentant de 1 *atm*, 1/2 à 2 *atm*, la pression pour chaque transvasemint, quand les machines sont duplex, triplex, etc.

En effet, si nous admettons une différence de pression de 5 *kg* entre les deux groupes de chaudières, celles à haute pression seront à une température de 192° — 170° = 22°, plus élevée que celles à moyenne pression et comme en réalité on pourra perdre 1 *kg* entre les chaudières à moyenne pression et l'intérieur des cylindres à l'admission, la différence vraie de température entre la vapeur des enveloppes et celle de la vapeur dans l'intérieur des cylindres sera de 25° à l'admission et de 90° à mi-course (1/2) dans une machine monocylindrique, ou quand dans les autres types de machines, la vapeur sera tombée à la pression de 0 *kg* ou de 1 *atm*. Dans les machines à condensation, à l'émission, la différence de température sera de 110°. On peut donc admettre, qu'en moyenne, dans les machines à condensation, pour une course de piston, la différence moyenne de température entre l'intérieur et l'extérieur des parois de son cylindre sera de :

$$\frac{25^\circ + 110^\circ}{2} = 67 \text{ à } 68^\circ.$$

Or d'après Laurens et Thomas, Clément Desormes et autres expérimentateurs, on peut obtenir d'un courant de vapeur, principalement dans les serpentins, la vaporisation de 400 *kg* d'eau par heure et par mètre carré, pour une différence de 55° ; on voit donc tout le parti que l'on pourra tirer de la surchauffe de la vapeur dans l'intérieur des cylindres où elle se détend en produisant un travail utile. Mais pour que les enveloppes soient réellement actives et efficaces, il faut que le courant de vapeur qui y circule soit animé d'une grande vitesse, afin de les bien balayer de leur eau de condensation et de l'air mis en liberté dans les chaudières. C'est une erreur de croire qu'un purgeur automatique est suffisant, vu qu'il laisse la vapeur dormante dans les enveloppes et c'est aussi une autre erreur de faire passer la vapeur motrice dans les enveloppes, car les purgeurs automatiques sont loin de la débarrasser de toute son eau de condensation, attendu que plus des 4/5 de cette eau ne sont évacués que par les cylindres, où ils y produisent les plus déplorables effets, auxquels il faut ajouter la perte du calorique de l'eau expulsée par le purgeur à la température de 160° et au-dessus.

Condensation dans les enveloppes de vapeur.

§ 2. — Comme je l'ai dit en 1890 et en 1894, il faut que la vapeur qui circule à haute pression et à haute température dans les enveloppes y soit en grand excès (1), car elle donne lieu, même sans différence de pression entre l'introduction et la chaudière, à une condensation de 20 0/0 dans les machines à triple expansion.

Crachement des chaudières.

§ 3. — En général le crachement des chaudières varie entre 5 et 15 0/0 et on peut admettre qu'en moyenne la vapeur arrive aux boîtes de distribution chargée de 10 0/0 d'eau à l'état vésiculaire (brouillard). Cette quantité qui, à première vue, paraît considérable, n'est en réalité que très peu de chose apparente, car à 170° sous la pression de 8 *atm*, 1 *kg* de vapeur occupe un volume de 250 *l* ; c'est la capacité d'une futaille en pièce de vin ; or, dans un tel volume 100 *g* d'eau pulvérisée dans la vapeur, n'est qu'un rien apparent, c'est moins qu'un 1/2 *g* par litre de vapeur, car en pratique on appelle cette vapeur, de la vapeur bien sèche ; en effet ces 100 *g* d'eau pulvérisée ne sont en volume que :

$$\frac{0,000\ 100\ m^3}{0,250\ cm^3} = \frac{1}{2\,500}$$

On voit donc qu'un crachement de 100 0/0, c'est-à-dire où pour 1 *kg* de vapeur à 8 *atm* on aurait 1 *kg* d'eau, ce crachement ne serait encore en volume qu'un 1/250 d'eau en suspension. Quand l'échappement d'une machine sans condensation crache en poids dans la proportion de 100 pour 100 : cette proportion qui est de 1 » pour 1 700 volumes dans l'échappement, passe en été par un temps sec, inaperçue ; en effet, dans les machines sans condensation à haute pression et à grande détente, l'expansion de la vapeur donne lieu à une condensation de 15 0/0 au moins, auxquels s'ajoutent les 10 0/0 de crachement venant des chaudières et ceux dus au refroidissement de la conduite allant de celle-ci à la machine,

(1) M. Aimé Witz doyen de la Faculté libre de Lille, page 23 d'une brochure extraite des *Bulletins de la Société industrielle du nord de la France* de 1890. L. Danel, imprimeur à Lille.

malgré toutes les précautions prises pour les combattre, ce qui fait qu'au total le brouillard représente au moins dans l'échappement 25 à 30 0/0 en poids, que le praticien ne soupçonne même pas en général, par temps sec, principalement dans l'échappement quelquefois invisible, d'une locomotive.

J'ai fortement insisté sur ce point, parce que beaucoup d'esprits se refusent encore à admettre les pernicieux effets de l'eau dans les cylindres à vapeur, effets ayant souvent pour résultat de doubler la dépense d'une machine, pour la production d'un même travail, aussi bien en eau qu'en combustible. La vapeur doit être considérée comme un gaz, à son point critique, dans les cylindres moteurs.

Conductibilité des cylindres à vapeur

§ 4. Maintenant, examinons la conductibilité des cylindres-moteurs ; au § 1, j'ai dit que pour une différence de 55°, on pouvait avoir avec un serpentin de 20 *mm* de diamètre, une vaporisation (d'un côté et une condensation de l'autre côté d'une paroi) de 400 *kg* d'eau par mètre carré et par heure. Mais ici, il faut noter que quand ce sont des gaz chauds — (produits par la combustion, — soit de la de la fumée), pour une différence de 1 400° comme dans les boites à feu des locomotives, on n'obtient pas une plus grande vaporisation, les gaz n'ayant pas la mobilité de la vapeur et ne pouvant commme elle céder du calorique latent aux parois transmetteuses ; de sorte que la production maxima des boites à feu des locomotives est aussi estimée à 400 *kg* par mètre carré et par heure.

Si en matière de conductibilité, nous prenons, par exemple, le cylindre d'un moteur à gaz de 200 *ch* effectifs sa surface intérieure développée est en moyenne de 3 m^2; Ce moteur consommant par heure et par cheval 0,600 *kg* de charbon maigre anthraciteux à 8 000 calories le kilogramme, recevra donc par heure (en admettant un rendement minimum de 80 0/0 pour la transformation de ce charbon en gaz combustibles) :

200 *ch* $\times$ 0,600 *kg* $\times$ 8 000 calories $\times$ 0,8 = 768 000 calories.

Dans ce moteur 20 0/0 de ces calories seront transformés en travail, 40 0/0 seront emportés par les fumées de l'échappement et 40 0/0 seront absorbés par le courant d'air réfrigérant de l'enveloppe ; donc cette enveloppe absorbe par heure :

768 000 calories $\times$ 0,4 = 307 200 calories.

Mais comme le moteur est à 4 temps :

1° Pendant la période de compression, la température des gaz dans le cylindre peut passer de 94° à 347°, dont la moyenne thermodynamique est de 228° environ ;

2° Pendant la période de travail ou de combustion la température pourra varier entre 1 400° et 450° dont la moyenne thermodynamique est 962° environ ;

3° Pendant la période d'échappement, la température passe de 450° à 370° environ dont la moyenne thermodynamique est de 400° ;

4° Pendant la période d'aspiration, la température moyenne des gaz dans le cylindre, y compris les produits résiduaires de l'échappement pour 20 0/0 est de :

$$20° + (370° \times 0{,}2) = 94°.$$

Les temps des courses ou périodes étant égaux, on peut admettre que la température moyenne des gaz, ou atmosphères qui se succèdent dans le cylindre est de $\frac{228° + 962° + 400° + 94°}{4} = 421°$

L'eau réfrigérante de l'enveloppe y entrant suivant les saisons à 15°, 18°, 20° ou 25°, on peut admettre que son introduction dans ladite enveloppe s'y fait en moyenne à 20° et qu'elle en sort toujours à 66°.

Dans ces conditions, la différence moyenne de l'eau réfrigérante est de $\frac{20° + 66°}{2} = 43°$.

Et la différence de température moyenne entre l'intérieur du cylindre et son enveloppe est de $421° - 43° = 378°$.

Les 307 200 calories déterminées plus haut ont donc traversé une surface de 3 m^2 de cylindre en une heure pour une différence moyenne de température de 378°.

Par mètre carré et par heure, c'est donc une transmission de $\frac{307\,200 \text{ calories}}{3\ m^2} = 102\,400$ calories.

Soit l'équivalent d'une vaporisation ou d'une condensation à 8 *atm* et à 170° de :

$$\frac{102\,400 \text{ calories}}{486 \text{ calories}} = 210\ kg \text{ d'eau}$$

par mètre carré et par heure ; 486 calories étant le calorique latent de 1 *kg* d'eau sous la pression de 8 *atm* et à la température de 170°.

D'où il suit, que l'on peut dire, qu'avec les gaz, la transmission du calorique à travers les parois d'un cylindre en fonte, épaisse de 25 à 30 *mm* pour une différence moyenne de 378°, ne laisse passer environ que la moitié du calorique qui traverse la paroi d'un serpentin de 20 *mm* de diamètre et de même surface développée, mais en cuivre et d'une épaisseur seulement de 2*mm*.

On remarquera avec quelle facilité la vapeur se condense, dans les condenseurs par surface des machines marines, quand on se rappellera qu'en général ces condenseurs (par surface) n'ont que la moitié de la surface des chaudières de ces mêmes machines et que dans ces conditions, pour une différence moyenne de 40° on obtient la condensation par heure de :

$$35\ kg \times 2 = 70\ kg$$ de vapeur grasse par mètre carré

en admettant la production de 35 *kg* de vapeur par mètre carré moyen et par heure pour les chaudières marines. Mais il faut remarquer que la vapeur des enveloppes est très pure et ne renferme aucune matière grasse pouvant en paralyser les effets, en réduisant plus ou moins la conductibilité des surfaces de transmission du calorique de ces enveloppes.

Dans un mémoire sur l'efficacité des enveloppes de vapeur, M. A. Witz en 1893, (Société industrielle du Nord de la France, E. Danel, imprimeur à Lille), cite une machine compound de M. Dujardin, de la puissance nominale de 625 *ch* vapeur sous pression de 5,770 *kg* avec admission au $\frac{1}{11} = 0{,}09$ marchant à 64 révolutions par minute ayant donné lieu dans ses enveloppes ou chemises de vapeur de $2{,}870\ m^2 + 5\ m^2 = 7{,}870\ m^2$ à une condensation par heure de 417,500 *kg*, soit 12,7 0/0 de la totalité de la vapeur reçue par la machine, qui représente celle de $\frac{417{,}500\ kg}{7{,}870\ m^2} = 53\ kg$ par heure et par mètre carré de surface utile d'enveloppe ; mais il faut remarquer que dans ces enveloppes ou chemises, la vapeur y était dormante et que son eau de condensation était évacuée par un purgeur extracteur.

La différence moyenne de température peut être estimée à 80°, et M. A. Witz dit que la condensation à l'admission était de 14 0/0, alors que l'évacuation des chemises n'était que de 12,7 0/0 (1).

La conclusion à tirer de toutes ces observations est que si les

(1) Dans d'autres essais faits sur cette même machine, la condensation s'est trouvée réduite à 5,27 °/. avec réduction de la dépense totale de vapeur, qui de 6,107 *kg* par heure et par cheval indiqué a été ramenée à 5,985 *kg*.

chemises ou enveloppes étaient complètes autour des cylindres de leurs fonds ou couvercles, et que si ces chemises complètes étaient parcourues par un courant rapide de vapeur à haute pression, celui-ci chasserait très vigoureusement les globules de condensation au fur et à mesure qu'ils se formeraient. Les parois des enveloppes maintenues *à sec* par le courant de vapeur à haute pression à 22° au-dessus de la température de la vapeur à moyenne pression qui arrive aux cylindres, y produiraient donc une vaporisation énergique, qui augmenterait considérablement le travail utile des machines à vapeur. C'est ce que reconnait M. A. Witz avec d'autres expérimentateurs en disant que l'enveloppe est plus efficace sur le grand cylindre que sur le petit.

Vapeur surchauffée.

§ 5. — Dans *La Revue générale des Sciences pures et appliquées*, pages 702 à 707 n° 16 du 30 août 1896, on trouve un article très intéressant sur : « La Surchauffe de la Vapeur dans l'Industrie » par le même auteur M. A. Witz, doyen de la Faculté libre des Sciences de Lille.

Page 704 au Tableau 1, on trouve la consommation de vapeur non surchauffée par cheval indiqué et par heure de six machines à vapeur des plus perfectionnées de la force de 90 *ch* à 609 *ch* indiqués.

TABLEAU 1.

TYPE DE LA MACHINE VAPEUR SATURÉE ET A CONDENSATION	PRESSION de la VAPEUR	PUISSANCE EN CHEVAUX indiquée	CONSOMMATION DE VAPEUR par cheval indiqué et par heure	CALORIE par cheval indiqué et par heure
	kg	*ch*	*kg*	cal.
Monocylindrique	6,25	90,04	6,800	4 467
Id.	6,36	305,02	5,460	3 588
Id.				
Id. (*)	6,50	305 »	6,880	4 097
Compound	6,08	531,53	5,990	3 947
Triplex	10,12	609,50	5,660	3 754
Id.	5,80	277,10	5,670	3 522
Woolf verticale	8 »	1000 à 1100	6,500	4 037 (**)

(*) Cette machine est à deux cylindres avec manivelles à 90°, mais elle n'est pas compound; c'est la machine de 300 *ch* de l'éclairage électrique installée à la gare de Dunkerque en 1896, pour la Compagnie du Chemin de fer du Nord, ces chiffres sont ceux donnés par la Compagnie : ajouté au tableau de M. Witz.

(**) Voyez le *Génie Civil* du 25 décembre 1897, pages 125 et 126, et pl. 10. Machine construite en 1896-97, par la Société Alsacienne pour la Compagnie Parisienne de l'air comprimé, usine du quai de Jemmapes : ajouté au tableau de M. Witz.

Comme on le voit dans les forces de 300 à 600 *ch* indiqués, c'est la machine monocylindrique qui est la plus économique, puis viennent les deux triplex avec une différence peu considérable il est vrai, 3 à 4 0/0, puis la compound avec une différence de 9 0/0 de dépense excédante.

Dans le tableau 2 on trouve les dépenses de puissantes machines de la force de 300 à 700 *ch* marchant à la vapeur surchauffée.

TABLEAU 2.

TYPE DE LA MACHINE A VAPEUR SURCHAUFFÉE ET A CONDENSATION	PRESSION de la VAPEUR	PUISSANCE DÉVELOPPÉE	CONSOMMATION de VAPEUR par cheval indiqué	CALORIE par cheval-heure indiqué	DEGRÉ de la surchauffe	Température de la VAPEUR surchauffée
	kg	*ch*	*kg*	cal.	degrés	degrés
Monocylindrique . .	4,560	308,87	7,360	4893	66	221,0
Monocylindrique jumelle (2).	5,240	523,77	9,310	6291	44	203,5
Woolf	5,150	340,25	7,380	5059	63	222,0
Compound	6,010	502,30	7,240	4986	70	238,0
Compound	5,720	776,06	6,060	4269	100	262,7
Compound	6,500	588,57	5,530	3828	72	239,0
Triplex.	5,930	311,54	5,200	3655	96	259,6
Triplex.	11,456	701,14	5,200	3570	47	235,9

Si on compare la triplex à vapeur saturée de la force de 609 *ch* indiqués, tableau 1, à la triplex de 701 *ch*, on voit que pour des pressions de 10,12 *kg* et de 11,45 *kg*, malgré une surchauffe de 47° on n'a gagné que 8 à 9 0/0 qu'on peut attribuer à l'excédent de pression de la seconde sur la première 11,45 *kg* — 10,12 *kg* = 1,33 *kg* et à une plus grande détente. Mais en même temps on remarquera que la triplex de 311 *ch* avec 96° de surchauffe et à la pression de 5,93 *kg* est aussi économique alors que la compound de 588 *ch* à 6,50 *kg* de pression avec 72° de surchauffe, ne dépense que 4 à 5 0/0 en plus que les triplex.

Si enfin on tient compte du calorique total dépensé par cheval indiqué et par heure, on voit que la machine à vapeur saturée monocylindrique 305 *ch* indiqués a consommé 3588 calories et la triplex de 277 *ch* 3522 calories, ce qui les met en pratique à égalité ; mais la triplex à vapeur surchauffée la plus économique et à haute pression de 11,456 *kg*, dépense 3570 calories, soit :

$$3570 - 3522 = 48 \text{ calories},$$

plus que la triplex à vapeur saturée,

et : $3588 - 3570 = 18$ calories

moins que les machines monocylindriques à vapeur saturée ; ce qui prouve bien l'inutilité de la surchauffe pour les machines bien étudiées et bien construites.

Si l'on tient ensuite compte de ce que la vapeur ne peut bien se surchauffer que dans un appareil dit « surchauffeur indépendant », ayant un foyer spécial, ayant un rendement thermique considérablement inférieur à celui de la chaudière, on voit qu'en bonne pratique industrielle, on n'a fait que compliquer inutilement une installation de force motrice à vapeur, en y ajoutant un surchauffeur, souvent de courte durée et d'un entretien coûteux, sans compensation aucune.

Si quelquefois on a constaté des économies apparentes de 10 à 30 0/0 en ajoutant un surchauffeur, à une installation existante, c'est parce que celle-ci étant très défectueuse ; on l'a améliorée en lui donnant avant tout, par le surchauffeur, un vaporisateur du crachement ou primage considérable de ses anciennes chaudières.

Durée limitée des surchauffeurs.

§ 6. — Nous venons de voir que les surchauffes de 44° à 100° ne donnaient pas grand'chose en bonne pratique industrielle, appliquées à des installations de chaudières et de machines à vapeur que, dans l'état actuel de nos connaissances, nous pouvons considérer comme parfaites.

Mais ces surchauffes donnant à la vapeur des températures de 203° à 262° doivent être considérées comme des températures limites, car à 300° toutes les huiles et graisses minérales sont distillées et décomposées en gaz et en coke, qui met bien vite les organes des distributions et les pistons hors service. Si avec certaines petites machines à grande vitesse, sans enveloppe et à refroidissement relatif considérable, on peut marcher à la vapeur très fortement surchauffée, c'est grâce à un graissage surabondant des plus coûteux, qui n'a rien d'industriel ni de pratique, tout au plus bon pour un concours d'Exposition.

D'un autre côté, il ne faut pas oublier que la vapeur d'eau à 300° attaque le fer pour former de l'oxyde en dégageant de l'hydrogène, sous la pression 760 à 275°. En chauffant des fils de fer, des clous, etc., offrant une grande surface au courant de vapeur à 275°, on recueille déjà des quantités notables d'hydro-

gène, ce qui prouve que dans la pratique il est bien difficile de surchauffer de la vapeur à la température de 300° et au-dessus. Mais les difficultés ne résident seulement pas dans la destruction des surchauffeurs par la vapeur à 300°; car un foyer, pour donner à la vapeur de la surchauffe, agit comme celui d'un appareil à air chaud et doit porter la température des parois métalliques du surchauffeur à des températures de 5 à 600°; températures auxquelles la fonte, le fer et l'acier ne peuvent résister longtemps.

J'ai fait moi-même, en 1863, des essais avec feu M. Banderali, notre Collègue, sur une chaudière tubulaire (pl. 209, fig. 1, 2 à 10) qui avait à sa suite un surchauffeur tubulaire; la surface de la chaudière était de 36 m^2 pour le vaporisateur et de 14 m^2 pour le surchauffeur; la température des gaz brûlés, fumées qui arrivaient dans les tubes du sécheur dit surchauffeur, était de 400°, et elles en sortaient à 300°. Malgré un très grand dôme de prise de vapeur sur la chaudière et de très bonnes enveloppes calorifuges pour éviter la production et l'entraînement de l'eau de la chaudière au surchauffeur, cet appareil ne faisait que bien sécher la vapeur, car sa surchauffe bien constatée, n'a jamais varié qu'entre 3 et 5° au plus; la pression de la vapeur étant de 7 *atm*, la différence moyenne de température entre la fumée et la vapeur était donc de :

$$\frac{400^\circ + 300^\circ}{2} - 165^\circ = 185^\circ;$$

Ce surchauffeur ne servait qu'à vaporiser le brouillard (primage), que nous avons évalué à 5 0/0; vu que 5 0/0 était l'économie d'eau et de houille constatée pour la marche avec le sécheur, dit surchauffeur; constatation facile à faire, car nous avions deux prises de vapeur, l'une directe sur le dôme de la chaudière et l'autre sur le surchauffeur; de sorte que par un simple jeu de robinets, on pouvait faire marcher, à volonté, la machine à la vapeur saturée ou à la vapeur surchauffée.

Ce résultat nous a conduit à conclure que malgré une surface de 14 m^2 sur 36 m^2 + 14 m^2 = 50 m^2 soit de 28 0/0 en surchauffeur, avec des fumées à 400°, on ne faisait que bien sécher la vapeur, déjà considérée sèche (sans le surchauffeur). Donc 5° de surchauffe n'est rien en bonne pratique industrielle : mais ceci prouve que pour qu'un surchauffeur donne à la vapeur une augmentation de température de 100°, il faut que ses parois soient

à très hautes températures, donc au moins à 600° (1) et donc dans des conditions d'usure comme de destruction rapide, pour donner une bien minime économie se réduisant à zéro le plus souvent, comme le font voir les deux tableaux du § 5.

Chaudière Serpollet.

§ 7. — Cependant, je ne puis quitter ce sujet sans dire deux mots de la chaudière Serpollet, qui est tout à la fois vaporisateur et surchauffeur, et dont l'usage s'est assez répandu pour le cas des petites puissances recherchant la production instantanée avec une accumulation d'eau considérée comme nulle en pratique, donc ne pouvant jamais produire d'accident.

Je regrette vivement de ne pas connaître la puissance de vaporisation des générateurs Serpollet considérés comme chaudières à vapeur. Il me semble que leurs conditions de marche ne leur permettent pas de produire plus de 60 0/0 de la production courante de bonnes locomotives, qui vaporisent 8,500 *kg* par kilogramme de houille, déduction des cendres; ce qui permet d'estimer la production des générateurs Serpollet à $8{,}5\ kg \times 0{,}6 = 5{,}100\ kg$.

Donc, comme ces générateurs marchent généralement avec du coke qui a un grand pouvoir rayonnant, on peut admettre leur production à 5 *kg* de vapeur surchauffée par kilogramme de coke.

Dans le numéro de la *Revue Générale des Sciences* du 30 août 1896, déjà cité, page 706, M. A. Witz dit qu'une machine à vapeur de 5 à 6 *ch* effectifs alimentée par une chaudière Serpollet lui a donné les résultats suivants :

1° Vitesse de rotation par minute, 309 à 310 tours;	
2° Pression de la vapeur	14 *kg*
3° Température qu'a à cette pression la vapeur saturée	197°
4° Température donnée par la surchauffe. . . .	365°
5° Degrés de la surchauffe 365° — 197° = . . .	168°
6° Température de la vapeur à l'échappement . .	118°
7° Chute de température dans le cylindre 365° — 118° = ...	247°
8° Travail effectif en chevaux-vapeur	5,76 *ch*

(1) Car la vapeur surchauffée se comporte comme les gaz et réclame pour une surchauffe notable les mêmes dispositions que nos anciens appareils à air chaud (vent) des hauts fourneaux antérieurement à 1865.

9° Consommation de vapeur par heure et par cheval effectif	6,880 *kg*
10° Calories correspondantes par heure et par cheval effectif	5 148 calories
11° Coke consommé probablement par heure et par cheval effectif	1,376 *kg*
12° Rendement organique probable	0,85

Ce résultat doit être considéré comme très bon, vu qu'une machine parfaite à condensation, fût-elle à quadruple expansion d'aussi petite puissance, dépenserait plus qu'une bonne machine à échappement libre (c'est-à-dire sans condensation) et cette bonne machine à échappement libre de 6 *ch* consommerait au moins 2,500 *kg* de bonne houille ou de coke de haut fourneau par heure et par cheval. On voit donc ici que la haute pression 14 *kg* et la grande surchauffe 365° donnent certainement une économie dépassant 50 0/0 toutes choses égales d'ailleurs pour les petites machines de 4 à 6 *ch*.

M. A. Witz conclut en disant :

« Nos meilleures machines actuelles de 100 à 200 *ch* de puissance exigent 4 000 calories par cheval-heure ; si la surchauffe » permettait d'y atteindre pratiquement avec une monocylindrique sans enveloppe, le résultat serait important, car on ferait » l'économie du second cylindre et des enveloppes compliquées ; » cette simplification réduirait les frais de premier établissement » et paierait largement le prix du surchauffeur. »

Surchauffeur (vaporisateur) à vapeur.

§ 8. — Certaines et très puissantes machines à mouvement lent ou à moyenne vitesse, compound, à triple et quadruple expansion ont un genre de surchauffe dont il est bon de dire deux mots. Ces machines nombreuses en Amérique pour élévation d'eau, sont des systèmes de MM. Edwin Reynolds, E. D. Leavitt, Worthington, etc., elles sont d'une puissance de 457, de 598 et de 1 031 *ch* effectifs on voit leur description, avec dessins et résultats d'expériences dans la *Revue de Mécanique* n° 9 de septembre 1897, pages 817 à 827 et n° 11 de novembre 1897, pages 1025 à 1032, par M. R. A. Thurston, Directeur de Sibley Collège, Cornell University de New-York.

Ces machines sont caractérisées par un bon système d'enveloppe autour des cylindres et dans leurs fonds, avec un vaporisateur surchauffeur entre deux cylindres. Pour les compound, il n'y a qu'un vaporisateur entre le petit et le grand cylindre pour les machines à triple expansion, il y en a deux, un entre le petit cylindre et le moyen et un second entre le moyen et le grand cylindre, enfin pour machines à quadruple expansion, il y a trois vaporisateurs surchauffeurs à vapeur.

Ces un, deux ou trois vaporisateurs sont faits comme les condenseurs par surface de la marine, seulement au lieu d'avoir une circulation d'eau réfrigérante, c'est au contraire un courant de vapeur à haute pression qui agit comme dans les vaporisateurs tubulaires de sucreries ; les pressions dans les boîtes de distribution des petits cylindres dits H P sont de 8,50 *kg* dans un cas, de 10,20 *kg* dans un autre et de 5,80 *kg* dans un troisième; ces machines sont à condensation, la pression effective en atmosphère moyenne au grand cylindre est de 0,70 *atm* à 0,75 *atm* auxquelles correspondent des températures de 90 à 92°, mais la pression d'échappement du moyen cylindre ou du troisième cylindre ou grand varie entre 0,60 *kg* et 1,30 *kg* = 1,64 *atm* et 2,33 *atm*, donc le dernier vaporisateur est parcouru suivant les cas par de la vapeur entre 160 et 185° venant de la chaudière vaporisant l'eau vésiculaire de la vapeur sortant de l'avant-dernier cylindre à des températures pouvant varier entre 110 et 125°. La différence de température dans ce vaporisateur peut donc varier aussi entre 40 et 60° ; dans ces conditions avec une surface de vaporisateur de 21,3 $m^2 \times 2 = 42{,}6\ m^2$ pour une puissance de 457 *ch* ; on a par cheval une surface de :

$$\frac{42{,}6\ m^2}{457\ ch} = 0{,}0910\ m^2.$$

Comme la machine ne consomme que 7,44 *kg* par heure et par cheval en admettant 0,20 d'eau vésiculaire, on n'aurait donc que 0,20 × 7,44 *kg* = 1,488 *kg* à 1,500 *kg* d'eau à vaporiser par heure et par cheval, ce qui fait une vaporisation de 16,5 *kg* par heure et par mètre carré pour une différence de 50° en moyenne, alors que le même appareil pourrait vaporiser avec des tubes en parfait état de propreté (non graissés par l'échappement) plus de 300 *kg* d'eau par heure et par mètre carré, ce n'est donc que le $\frac{16{,}5\ kg}{300\ kg} = \frac{1.0}{18.8}$ soit 5 à 6 0/0 de son pouvoir vaporisateur qui

est utilisé, il est donc probable que dans cet appareil il y a une très notable surchauffe (1).

La dépense de vapeur de trois de ces machines par heure et par cheval est donnée par le tableau 3 ci-dessous.

TABLEAU 3.

PUISSANCE EFFECTIVE des machines	PRESSION DE LA VAPEUR aux chaudières	DÉPENSE DE VAPEUR par cheval indiqué et par heure	DÉPENSE D'EAU par cheval effectif et par heure	CALORIES (L'eau d'alimentation prise à 25° centésimaux.)
457 *ch.*	6 *kg*	»	7,440 *kg*	»
530.	13	5,50 *kg*	6 »	3525 cal.
520.	9	5,30	5,75	3300 par cheval indiq. et par heure

Si l'on compare les chiffres des tableaux 2 et 3, en ce qui concerne la dépense de calorique totale, par heure et par cheval indiqué, on trouve qu'il n'y a en faveur de la machine la plus économique à vapeur non surchauffée (2) américaine dont on trouve la dépense ci-dessus, une différence de 3570 — 3300 = 270 calories, soit un peu plus que 8 0/0.

Comme les vaporisateurs américains peuvent être considérés comme inaltérables, ils doivent donc être préférés aux surchauffeurs chauffés à haute température par les gaz brûlés des foyers, puisqu'ils leur sont encore supérieurs en économie réalisée théoriquement et pratiquement, bien peu considérable il est vrai, (8 0/0), mais avec ce grand avantage de n'être pas coûteux d'entretien, ni d'être mis complètement hors service en fort peu de temps, comme ces derniers, si la surchauffe est quelque peu élevée.

Il faut aussi ne pas oublier que l'emploi de la vapeur réellement surchauffée est la cause d'une dépense exagérée d'huiles et de graisses spéciales très coûteuses qui rendent souvent les économies apparentes, surtout pour les machines puissantes tout à fait illusoires.

(1) La plupart des professeurs expérimentateurs dans leurs procès-verbaux de recette disent que l'enveloppe du petit cylindre peut être supprimée, que dans les Triplex c'est surtout au grand cylindre à basse pression que l'enveloppe présente de grands et incontestables avantages ; ce qui est tout naturel, car dans le petit cylindre à H P il n'y a pas de surchauffe, tandis que dans le grand à B P la surchauffe est très forte et dépasse souvent 100° donc elle est très active au grand cylindre et nulle au petit.

(2) Non surchauffée dans un appareil spécial appelé surchauffeur, chauffé par les gaz de combustion à haute température.

§ 9. — Page 1 026, dans le n° 11, novembre 1897, de la *Revue Mécanique*, on voit le dessin d'une petite machine à quatre cylindres et à quadruple expansion qui est alimentée par une chaudière timbrée à 40 *atm* et que l'on a fait fonctionner à 20 et à 28 *atm*, son rendement organique est estimé par M. Thurston à 87 0/0 en moyenne, sa vitesse de rotation était de 286 à 290 tours par minute;... à cette grande vitesse elle fonctionnait à condensation, avec un vide de 645 à 545 *mm* de mercure, soit donc avec une pression à l'échappement de 0,15 à 0,30 *atm* : dans ces conditions elle a donné les résultats ci-dessous :

TABLEAU 4.

PRESSION de LA VAPEUR en atmosphères	PUISSANCE INDIQUÉE de la machine	EAU CONSOMMÉE par cheval et par heure	PUISSANCE EFFECTIVE de la machine	EAU CONSOMMÉE	CALORIES PAR CHEVAL ET PAR HEURE	
					indiqué	effectif
atm	*ch*	*kg*	*ch*	*kg*	cal.	cal.
20	11,095	4,200	9,606	4,950	2 950	3 390
28	10,634	5,450	9,217	6,300	3 700	4 270

Il est bon de remarquer qu'entre les cylindres sont installés trois réchauffeurs-vaporisateurs, chauffés par les gaz perdus du foyer. La machine Serpollet de 5,76 *ch* effectifs dépense 6,880 *kg* de vapeur surchauffée à 365° avec une dépense totale de 5 148 calories par cheval-heure effectif : Voyez § 7; mais, comme avec l'alimentation à 98°, elle aurait économisé : $(98° - 25°) \times 6{,}880\ kg = 502$ calories, sa dépense aurait été ramenée à $5\,148 - 502 = 4646$ calories ne différant seulement que 7 0/0 comparée à une machine de force ou puissance double, et à condensation, fonctionnant à quadruple expansion sous une pression également double $14 \times 2 = 28\ atm$.

Comme il est facile de le voir, ni la très haute pression pas plus que la très haute surchauffe ne donnent de bien grandes économies sur les bonnes machines ordinaires à 6,36 *kg* et à condensation qui ne dépense que 5,460 *kg* de vapeur saturée par heure et par cheval indiqué (voyez le Tableau 1 § 5), soit seulement par heure et par cheval indiqué 3.588 calories.

En résumé, si nous prenons dans les quatre tableaux ci-dessus chacune des meilleures machines pour les comparer, nous formerons le tableau 5 ci-dessous.

TABLEAU 5.

DÉSIGNATION DES TYPES dans lesquels on peut classer les machines	PUISSANCE en chevaux indiqués	PRESSION de la VAPEUR aux chaudières	DÉPENSE DES CALORIES par heure et par cheval indiqué	VALEUR COMPARATIVE en dépense ou consommation
	ch	*kg*	cal.	
Monocylindrique à vapeur saturée et à condensation. . .	305,03	6,360	3 588	109 »
Compound Woolff. Société Alsacienne à condensation.	1000 »	8 »	4 153	116 »
Triplex à vapeur surchauffée à 236° et à condensation. .	701,14	11,456	3 570	99,51
Compound Dujardin = A. Witz 1896. Société Industrielle du Nord de la France. Vapeur saturée, avril 1896. .	625,000	5,770	656 cal. × 5,985 = *kg* 3 926 cal.	(1) 109,50
Triplex avec enveloppe à circulation indépendante avec vaporisateurs tubulaire surchauffeurs à vapeur et à condensation.	530 »	13 »	3 525	99,05
Autre triplexe semblable . .	520 »	9 »	3 300	91 »
Quadruple expansion à réchauffeurs tubulaire etc.	11,10	19,63	3 320	moyenne 93
entre les cylindres et à			2 950	
condensation.	10,63	27,90	3 700	
Serpollet à vapeur surchauffée à 365° sans condensation échappant dans un réchauffeur d'alimentation .	5,76	14 »	3 959 (2)	111,71

N. B. — Le générateur Serpollet est ici supposé alimenté à 98°; et tous les autres générateurs (chaudières) sont supposés alimentés à 20°.

L'examen de ce tableau résumant les quatre premiers fait voir :

1° Que la très haute pression avec la condensation ne donne pas grand'chose.

2° Que les double, triple et quadruple expansions, malgré la surchauffe et des pressions doubles, ne réalisent que des écono-

(1) MM. Dujardin et C^ie^ en élevant la pression de la vapeur sur d'autres Compound, ont trouvé 8 °/₀ d'économie en passant de la pression de 5,770 *kg* à celle de 7,000 *kg* et dans ce cas la valeur comparative de dépense de 109,50 se réduit à 101,73 : ce qui semble très probable et qui prouve que les Compound réclament la haute pression.

(2) 3 950 calories = 4 646 calories × 0,85.

mies de 1.0/0, en réalité nulles en pratique, si l'on veut bien tenir compte de leur graissage et de leur très grande puissance. Mais si l'on tient compte de leur grande augmentation de prix, soit de l'accroissement des frais d'intérêt, d'amortissement et d'entretien, on voit qu'elles sont onéreuses et nullement économiques.

3° Que la surchauffe en elle-même ne donne rien, puisque la différence de consommation est inférieure à 1 0/0 entre deux triplex de 530 et de 700 *ch* sous pression de 11,5 *kg* et de 13 *kg*; l'une à surchauffeur par le feu et l'autre à vaporisateur à vapeur. C'est la dernière qui a le petit avantage de 0,46 0/0 sur la première, donc inférieure à 1/2 0/0 et cette machine de 700 *ch* à 13 *kg* ne réalise que la faible économie de 1 0/0 sur une machine monocylindre de 305 *ch* à 6 *kg* 1/3; économie de combustible, il est vrai, mais bien chèrement achetée; car, certainement, le prix de la machine a été plus que doublé par cheval effectif, sans compter l'augmentation des frais d'entretien et de graissage, qui rendent plus coûteux le cheval-heure effectif.

Ce résumé démontre bien que nos conclusions (dans mon mémoire de juin 1890, fait en collaboration avec M. Léon Durant) étaient parfaitement justes, quand nous disions que l'on faisait abus de compoundage dans beaucoup de cas et qu'en principe il ne pouvait être la cause d'aucune économie pratique; ce que, depuis, un grand nombre d'ateliers de construction ont reconnu, en abandonnant le système compound. De même, dans mon mémoire d'août 1890, j'avais encore raison quand je disais que les machines compound ne pouvaient devenir aussi économiques que les autres tant qu'elles ne seraient pas à haute pression, vu qu'à moyenne et basse pression, elles étaient des plus onéreuses et bien loin d'être aussi commodes que les bonnes machines monocylindriques; aussi, depuis sept ans, les partisans des compound (1) en ont-ils toujours augmenté leur pression de marche qui, aujourd'hui, dépasse souvent 15 *kg*.

Donc, nous pouvions, avec raison, dire que la plus grande économie pratiquement réalisable dans les machines à vapeur était celle qui consiste à produire de la vapeur bien sèche à deux pressions différentes : 1° la vapeur à haute pression circu-

(1) Par Compound il faut entendre exclusivement des machines à vapeur à deux cylindres de volumes inégaux où le petit échappe dans le grand par l'intermédiaire d'un Receiver et où les 2 manivelles sont calées à 90°; donc que l'on ne peut et doit confondre avec les machines Woolf.

lant dans les enveloppes des cylindres et de leurs fonds, pour les surchauffer ; *avec retour sans déperdition aux chaudières à moyenne pression* (6 à 8 *kg* pour les machines à condensation), et 2° la vapeur à moyenne pression arrivant bien sèche aux cylindres moteurs pour y pénétrer directement en y produisant le travail demandé. De plus, nous disions qu'on ne saurait jamais trop bien combattre le refroidissement des cylindres et de la tuyauterie de vapeur par d'excellentes enveloppes calorifuges, vu qu'il faut combattre par tous les moyens possibles la condensation depuis les chaudières jusqu'à l'échappement du dernier cylindre dans le condenseur ou l'atmosphère (1).

Machines Woolf ou tandem.

§ 10. — Il est une classe de machines à vapeur très ancienne qui, à l'origine, a rendu de grands services : c'est la machine de Woolf, qui, jusqu'en 1855, a été considérée, à juste titre, comme la plus économique ; mais, à partir de cette époque, elle cessa de l'être relativement, vu que les machines Farcot et dérivées ne dépensaient pas plus que les Woolf avec des pressions de 5 à 6 *kg* qu'on n'osait pas dépasser à cette date (1855) (2), surtout avec les chaudières à gros bouilleurs. D'un autre côté, les Woolf étant à balancier ne permettaient pas la vitesse de 40 à 60 tours de manivelle par minute que l'on donnait aux Farcot.

Mais depuis que, grâce aux chaudières tubulaires et multitubulaires, les pressions de 10 à 15 *kg* sont devenues possibles dans les usines, les machines Woolf devenues tandem peuvent rendre de grands services : ainsi, supposons une tandem à 10 *kg* et à condensation avec le rapport entre le petit et le grand cylindre de 1 à 3, en faisant de la détente avec 1/5 d'introduction et 4/5 d'expansion au petit cylindre, on a une détente finale à :

$$\frac{1}{5} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{15} \text{ ou à } 0{,}06\,\frac{2}{3}\,0/0,$$

qui donnent encore à fin de course une pression utile sur le grand piston de 0,5 *atm* à 0,4 *atm*. Une machine monocylindrique Cor-

(1) Ce que, du reste, démontrent très bien les résultats donnés par le tableau n° 3, § 8.

(2) Dans les essais faits en 1863 avec M. Banderali, cités plus haut, une excellente machine de 12 *ch* effectifs à 40 tours par minute et à condensation type Farcot, dépensait 15 *hg* de vapeur par heure et par cheval mesuré au frein de Prony sous pression de 5 *at*, mais à partir de 5 *at* jusqu'à 9 *at* timbre de la chaudière, la dépense par heure par cheval était constante, quoique l'introduction à 12 0/0 fût réduite à celle de 7 0/0.

liss ou Sultzes, à la vitesse de 60 à 80 tours de manivelle par minute, ferait aussi économiquement le même travail ; mais, si la machine doit donner le mouvement à des pompes ou à des machines soufflantes horizontales à action directe, ne marchant qu'à 20 ou 30 tours par minute, on comprend que, dans ce cas, le sytème tandem est à préférer, puisqu'il ne réclame pas une distribution à déclic et que la vapeur y est deux fois vannée par deux distributions indépendantes et par deux pistons indépendants ; de plus, les pressions et tensions qui s'exercent sur la bielle n'ont plus le même grand écart, que la même bielle aurait, pour fournir le même travail avec un seul cylindre, soit avec le même grand piston qui, au lieu de recevoir de la vapeur $\frac{10}{5}$ *kg* = 2 *kg*, la recevrait à 10 *kg*. Dans la machine tandem, la somme des pressions, au commencement de chaque course, est d'une valeur de 11 unités de poids ou tension, tandis que dans la machine monocylindrique, qui ferait le même travail à la même vitesse et à la même pression de vapeur aux chaudières, soit dans un cylindre de mêmes dimensions que le grand cylindre de la tandem, recevrait, à l'origine de chaque course, une pression relative de 30 unités ; *donc presque trois fois plus grande*, sur le même tourillon de manivelle.

Dans certains grands navires, on a monté leurs puissantes machines, de la force de 6 à 8 000 *ch*, avec trois manivelles à 120° et avec trois groupes interchangeables de cylindres en tandem, qui ont fait et continuent à faire un excellent service aux timbres de 5 à 6 *kg*. Mais, pour d'autres machines de même puissance, on a cru devoir les construire à triple et à quadruple expansion aux timbres de 10 à 12 *kg* et même plus. Dans le premier cas, la même Compagnie ou Société, qui a les deux types, estime à 1 200 *kg* la dépense de houille courante par heure et par cheval effectif et, dans le second, à 1 *kg* seulement. Ce qui s'explique facilement et qui est vraiment peu pour une telle augmentation de pression ; puisque, après avoir doublé la pression et considérablement augmenté la détente, on n'a trouvé qu'une économie de 20 0/0, dans laquelle entrent des améliorations très sensibles dues à des perfectionnements dans la construction des chaudières. Il n'est pas douteux que des Woolf tandem bien proportionnés ne donnent une plus grande économie.

Machines compound (1).

§ 11. — Les machines compound sont bien certainement inférieures sous tous les rapports aux machines dites tandem ; mais, dans beaucoup de cas, les tandem ne sont pas acceptables : ainsi, pour les machines soufflantes verticales des hauts fournaux, des Bessemer ou de la marine de guerre, la superposition des cylindres en tandem, sur lesquels il faudrait encore superposer un cylindre soufflant, en ferait une machine d'une hauteur prodigieuse, d'un démontage long, pénible et compliqué, comme d'un remontage non moins ennuyeux ; dans la marine de guerre, le petit cylindre serait exposé aux coups de l'artillerie ennemie, ce qui est inacceptable. Donc, dans ce cas, le travail étant constant ou presque invariable, on conçoit que pour une haute pression fixe de vapeur à 10 ou 15 *kg* et plus, on peut déterminer des diamètres de pistons qui tous pourront produire chacun un même travail par cylindrée, sur 2, 3 ou 4 manivelles différentes et, dans ce cas, les compound, les triplex et les quadruples expansions se trouvent bien à leur place, principalement les triplex, quand on veut à faible vitesse 15 à 30 tours par minute, une grande régularité dans l'effort tangentiel que seules peuvent donner les machines à 3 manivelles et petite détente dans chaque cylindre pris individuellement, mais dont la somme de toutes les détentes donne le maximum d'expansion pratique entre 14/15 et 19/20 pour des admissions inférieures au 1/15 et au 1/20 du volume du ou des grands cylindres, *avec la condensation, bien entendu.*

Mais comme on l'a vu aux tableaux 1, 2, 3, 4 et 5, elles ne sont pas plus économiques que les machines à moyenne vitesse entre 50 et 80 tours par minute à déclic Corliss ou Sulzer, qui donnent la même expansion dans un seul cylindre d'une façon parfaite (2).

(1) Ici, pour bien préciser, nous dirons qu'il faut bien entondre que, par compound, nous devons *exclusivemcnt* désigner les machines à deux cylindres (un petit d'admission et un grand de détente), l'un échappant dans l'autre par l'intermédiaire d'un vase ou capacité appelée *receiver* par les Anglais, receveur en français si on veut bien, avec perte de charge ou pression et où les deux manivelles sont toujours calées à angle droit, soit à 90°, machines qu'il ne faut pas confondre avec les Woolf et tandem sans *receiver*.

(2) Ici, il ne faut oublier que les partisans des compound disent que les distributions Sulzer et Corliss sont trop compliquées. Or, depuis 25 ans, tous les praticiens trouvent que leurs prétendus complications ne sont qu'apparentes, vu qu'elles ne donnent lieu à aucun entretien ou réparation.

Les très hautes pressions pour les Compound sans condensation.

§ 12. — Si dans l'examen de la marche des machines à condensation et à grande expansion dans un ou plusieurs cylindres, avec des pressions élevées entre 6 et 20 *kg* aux chaudières, on ne trouve que de bien faibles différences de consommation, il n'en est plus de même pour la marche des machines sans condensation, échappant sous la pression atmosphérique (760); car déjà pour faire la détente à 1/8 il faut la pression de $1{,}5 \times 8 = 12$ *atm*, en admettant une pression finale utile de 1,5 *atm* ou de 0,5 *kg* lorsque le piston arrive à fin de course, pour que celui-ci ait encore une force suffisante pour vaincre toutes les résistances passives de la machine, qui ne peut être qu'une machine monocylindrique avec cette détente (1/8); mais comme je l'ai déjà fait remarquer pour avoir sur le piston une pression finale effective de 0,5 *kg* il faut à la chaudière une pression supérieure à 12 *atm*; car en effet, il faut tenir compte des variations de pression dans cette chaudière, qui peuvent être de 1 *kg*, puis il faut aussi admettre que l'échappement n'est pas 0,000 *kg* = 1 *atm*, principalement dans les locomotives où il est plus ou moins serré, pour activer le tirage de la cheminée; en moyenne la résistance due à la contre-pression (résistance à l'échappement) peut être estimée à 0,300 *atm*, de sorte que pour avoir 0,500 *atm* effectif sur les pistons à fin de course, il faut la pression de $1 \text{ atm} + 0{,}500 + 0{,}300 = 1{,}800$ *atm*; d'où il suit que pour la détente au $\frac{1}{8} = 12{,}5$ 0/0, il faut dans les boîtes à vapeur de distribution la pression de $1{,}800 \text{ atm} \times 8 = 14{,}400$ *atm* soit de 13,800 *kg*. Si on ne tient pas compte de l'abaissement de pression dû à la condensation de la vapeur, qui transforme en travail utile une partie de son calorique latent; d'où il suit que pour pouvoir marcher sûrement avec l'introduction au $\frac{1}{8} = 0{,}125$ qui convient parfaitement bien aux machines sans condensation, la chaudière doit être timbrée au moins à :

$$13{,}800 \text{ kg} + 1 = 14{,}800 \text{ kg},$$

soit en pratique à 15 *kg*.

Mais, dans les locomotives compound, où il faut admettre au moins une perte de charge de 0,300 *atm* pour le transvasement

des petits dans les grands cylindres, il est de toute nécessité d'arriver à la pression de :

$$(1{,}800\ atm + 0{,}300) \times 8 = 16{,}800\ atm = 16{,}300\ kg$$

sur les pistons, auxquels il faut ajouter 1 *kg* pour réserve et comme plus haut, pour les variations de la pression aux chaudières, d'où il suit que celles-ci doivent être timbrées *(dans le cas des compound)* à 16,300 *kg* + 1 *kg* = 17,300 ou mieux 18 *kg* pour pouvoir marcher avec l'expansion finale au 7/8 dans leurs doubles cylindres soit donc comme expansion totale.

La locomotive à deux cylindres (dite monocylindrique) doit être timbrée à 15 *kg* et la locomotive compound à 2, 3 ou 4 cylindres a 18 *kg* pour marcher avec une égale détente moyenne au 1/8, qui semble être celle qui convient le mieux aux machines sans condensation, si on ne veut pas arriver à des pressions exagérées, que rien ne semble justifier.

L'exemple suivant va faire voir à quelle exagération de pressions on arriverait avec la triple expansion : Ainsi une locomotive triplex à très grande détente pour marcher avec l'admission au 1/10 seulement, réclamerait une pression de (1,8 *atm* + 0,300 + 0,300) × 10 = 24 *atm* plus 1 *atm* ou 1 *kg* de réserve à la chaudière, pour éviter les pertes de vapeur dues au soulèvement des soupapes de sûreté, qui à cette pression passe de 24 à 25 *atm* (24,8 *kg*) avec une différence de température de 224° 72 — 222° 53 = 2° 19 à 2° seulement. Quand on serait arrivé à cette énorme pression, on se trouverait dans le même cas qu'avec les triplex à condensation et à 13 *kg* de pression, qui ne font qu'une économie contestable de 1 0/0 sur une monocylindrique à 6 *kg* 1/3 quand elles travaillent dans les conditions exclusives de leur établissement. Or le manque d'élasticité des compound les fait écarter dans beaucoup de cas, et ce manque d'élasticité serait encore beaucoup plus considérable avec les triplex sans condensation, qui pour le service des locomotives semblent impossibles et inadmissibles.

Améliorations diverses étrangères au compoundage.

§ 13. — Jusqu'ici en France on n'a jamais fait de sérieux essais comparatifs, entre les divers types de locomotives, que l'on trouve dans nos chemins de fer, car de même qu'en marine où la condensation par surface et la haute pression ont rendu possible

les grandes détentes, qui ont donné les grandes économies et les grandes augmentations de puissance, réalisées dans ces derniers temps; on a pour généraliser ce progrès et ce succès appelé compound, tout l'ensemble des perfectionnements qui les ont produits. Mais on oublie toujours de dire qu'au début les locomotives compound à deux cylindres et à 8, 9 et 10 *kg* de pression n'ont donné que de très médiocres résultats et que leur amélioration est due :

1° A une grande augmentation de la surface des grilles qui a été portée de 1,60 m^2 à 2,46 m^2;

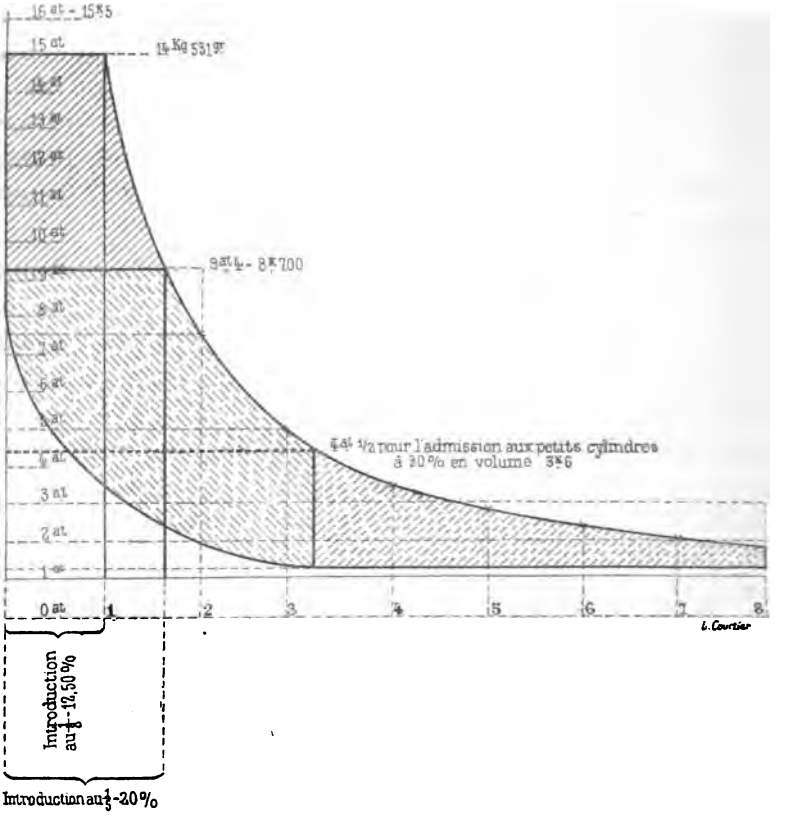
2° A une notable augmentation de l'activité de la vaporisation, par l'emploi de plus gros tubes à ailettes, qui, sans diminuer la production par kilogramme de combustible, ont donné un grand accroissement à la combustion dans le foyer;

3° A une augmentation du diamètre du corps cylindrique des chaudières, due à son relèvement de 0,200 à 0,300 *m* de façon à le faire déborder au-dessus des roues motrices, ce qui a permis de loger dans le corps cylindrique une couronne en plus de gros tubes donnant un accroissement de section de passage aux fumées (gaz brûlés);

4° A une augmentation du tirage de la cheminée par divers perfectionnements apportés à l'échappement et par l'augmentation de la section d'écoulement des fumées; de sorte qu'avec une beaucoup plus grande consommation de combustible, on a pu diminuer la contre-pression à l'échappement, soit diminuer le travail résistant sur les pistons, dû à l'échappement plus ou moins serré pour activer le tirage;

5° A une considérable augmentation de la pression aux chaudières, qui a été poussée de 9 et 10 *kg* à 14 et 15 *kg*.

Il y a, du fait de cet accroissement de pression, une grande augmentation de travail, de la part d'un poids donné de vapeur : ainsi si on suppose une locomotive timbrée à 15 *kg* donnant sa vapeur aux boîtes de distribution à 14,5 *kg*, échappant ensuite à la pression de 0,800 *kg*, on trouve qu'elle donnera une quantité de travail déterminée, pour une introduction par exemple au $\frac{1}{8}$ = 12 1/2 0/0, que nous appelons 100, comme valeur comparative à une même quantité ou poids de vapeur utilisée à des pressions inférieures de 4, 5 et 6 *kg*, ainsi que la figure ci-dessous le fait voir :



Si pour la même pression à l'échappement, soit 0,8 *kg*, on prend le même poids de vapeur à 9,200 *kg* pour l'introduire dans les boîtes de distribution à 8,700 *kg*, avec l'admission au $\frac{1}{5} = 20\ 0/0$, on trouve par la comparaison des diagrammes, comme pour le calcul, un accroissement de travail utile d'environ 28 0/0, en faveur de la haute pression et de la grande détente qui en résulte, ainsi que les diagrammes en traits pointillés et en traits pleins ci-dessus le font voir.

On peut faire le même raisonnement pour des admissions au 1/6 et au 1/7. Ainsi, pour la pression de 10 *kg* à la chaudière et à l'échappement de 0,800 *kg* (dans les cylindres), avec l'introduction au 1/6 on trouve encore une économie en faveur de la vapeur à 15 *kg* à la chaudière de 18 0/0.

Il est facile de voir que cette accumulation d'augmentation de

puissance conduit à un accroissement de puissance totale disponible de :

1° Pour l'augmentation de la surface de grille qui donne une augmentation de production de vapeur de 1,60 m^2 à 2,46 m^2 (1), soit de 35 0/0

2° Pour l'augmentation de la pression à la chaudière de 10 à 15 *kg* $(1.00 + 0{,}35) \times 1{,}23$ (2) =. 166 0/0

On voit donc que si les nouvelles locomotives dites compound utilisaient parfaitement bien la vapeur qu'elles produisent à haute pression, elles pourraient développer une puissance de 66 0/0 supérieure à celle des locomotives que généralement on leur oppose à titre de comparaison bien plus apparente que réelle.

Dans la pratique, les choses ne se passent pas ainsi, car il faut tenir compte du travail absorbé pour la machine à vide, de la machine considérée, comme machine fixe pour son rendement organique sur l'arbre de couche (ici essieu). Ce travail absorbé est au minimum de 15 0/0 qui, dans ce cas, est une constante ; de sorte que l'accroissement de puissance pratique en traction pour une locomotive devient pour la première comparaison :

$$1{,}15 \times 0{,}28 = 31\ 0/0,$$

et dans la seconde :

$$1{,}15 \times 0{,}18 = 21\ 0/0.$$

Comme je le ferai voir plus loin, M. Dugald Drummont a démontré dernièrement par de nombreux essais comparatifs, sur des locomotives semblables et sur les mêmes locomotives elles-mêmes, marchant à des pressions de 9,84 *kg* à 11,25 *kg*, que l'augmentation de 11,25 *kg* — 9,84 *kg* = 1,41 *kg* de pression donnait une économie de 11 à 13 0/0 et qu'en élevant la pression de 9,84 *kg* à 14 *kg*, l'économie était de 31 0/0 (*Génie Civil* du 2 octobre 1897, pages 365 à 366). De plus, M. Drummond dit qu'à égalité de haute pression, les locomotives compound ne présentent aucun avantage sur les locomotives ordinaires de mêmes surfaces de chauffe et de grille au même timbre de pression.

(1) En bonne moyenne les locomotives à 1,60 m^2 de surface de grille produisent par heure 7 500 *kg* de vapeur, tandis que les locomotives à 2,40 *m* produisent facilement 11 000 *kg* de vapeur dans le même temps (1 heure).

(2) $23\ 0/0 = \frac{28 + 18}{2}\ 0/0$: 28 0/0 étant la grande économie aux grandes détentes et 18 0/0 étant la plus petite économie aux grandes introductions.

Les résultats pratiques obtenus par M. Drummond sont dus à de très nombreux essais de traction entre Londres et Edimbourg, ils vérifient bien, ce que nous avons déjà vu pour les machines à condensation et à haute pression; savoir, que l'emploi de plusieurs cylindres pour utiliser la même vapeur ne saurait être une source réelle d'économie pratique dans tous les cas et principalement dans celui des locomotives où l'introduction ne peut pas être réduite au-dessous de 1/8 en volume; ainsi que nous allons le voir en examinant les divers essais de traction faits en France sur nos chemins de fer.

En juillet 1890, la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M. a fait faire des essais de traction entre Paris et Laroche; tous les trains ont fait aux mêmes vitesses les mêmes courses aller et retour (2 h. 57′ 08″ à 3 h. 03′ 36″) on voit donc que pour une distance de 155 *km* les variations extrêmes n'ont pas dépassé 3 h. 03′ 36″ — 2 h. 57′ 08″ = 6′ 28″, que les influences atmosphériques peuvent expliquer, puisque les différences extrêmes de temps ne sont pas arrivées à 3 1/2 0/0.

La vitesse commerciale moyenne a donc été de $\frac{155\ km}{3} = 51\ km$ à l'heure, mais les vitesses maxima de marche ont souvent dépassé 80 *km* à l'heure.

La charge des trains est restée fixée invariablement à 240 *t*. Neuf locomotives ont été comparées. Le tableau 6 ci-dessous en donne le classement.

L'examen de ce tableau 6 fait voir que des locomotives ayant des surfaces de grille variant entre 1,60 m^2 et 2,38 m^2 avec des timbres variant aussi entre 10 et 15 *kg*, ont des vaporisations ou consommations d'eau des plus éloignées les unes des autres par kilogramme de charbon type, pris pour les essais. Ces locomotives, 4 roues accouplées du diamètre de 2 *m* à 2,100 *m* des plus dissemblables dans tous leurs éléments et dans leurs formes, semblent se classer pour leur consommation de charbon type, pour un même travail, proportionnellement à leur qualité, comme générateur vaporisateur : la machine du Nord qui est n° 1 pour sa production de vapeur à 12 *kg* se trouve aussi n° 1, pour la consommation du charbon, alors que la Corliss d'Orléans a le n° 0,971 comme vaporisateur à 10 *kg*, qui devient n° 1,054 pour la consommation de charbon; donc, en multipliant ces deux derniers chiffres, on obtient :

$$0{,}971 \times 1{,}054 = 1{,}023.$$

TABLEAU 6.

COMPAGNIES de chemins de fer	TYPE ET TIMBRE de la chaudière	NUMÉROS des locomotives	VAPORISATION par kilogramme de charbon	Classement n°	EAU CONSOMMÉE par 1 000 *kgm* utiles	Classement n°	CHARBON CONSOMMÉ par 1 000 *kgm* utiles	Classement n°
			kg		*kg*		*kg*	
P.-L.-M.	Ordinaire 11 *kg*	116	8,360	0,868	0,07463	1,272	0,00893	1,288
État . .	Ordinaire 11	2 601	7,160	0,742	0,05863	1,000	0,00819	1,181
Midi . .	Ordinaire 10	1 615	7,260	0,752	0,07735	1,319	0,00983	1,418
Nord . .	Ordinaire à cylindres intérieurs. 12	2 101	9,650	1,000	0,06676	1,309	0,00693	1,000
Ouest . .	Ordinaire 11	952	8,280	0,858	0,07187	1,226	0,00868	1,238
Orléans.	Ordinaire 13	102	8,110	0,840	0,06771	1,138	0,00835	1,203
Id. .	Corliss. 10	67	9,390	0,971	0,06874	1,172	0,00731	1,054
Id. .	Détendeur 10	205 (*)	9,300	0,963	0,07165	1,308	0,00764	1,102
P.-L.-M.	Compound 15	C. 1	7,950	0,824	0,07115	1,213	0,00896	1,293

(*) Cette machine 205 de la Compagnie d'Orléans est bien timbrée à 15 *kg*, mais sa chaudière fait accumulateur et son détendeur lui fait employer la vapeur à 10 *kg* seulement.

De sorte que, pour une augmentation de timbre de 12 *kg* — 10 *kg* = 2 *kg*, la supériorité de la machine du Nord ne serait que de 2 1/3 0/0 sur la Corliss d'Orléans, alors que M. Dugald Drummond a trouvé qu'une augmentation de 1,41 *kg*, soit celle de 9,48 *kg* à 11,25 *kg* donnait une supériorité ou économie de 11 à 13 0/0 en moyenne 12 0/0. Ce qui prouve bien que l'insignifiante économie de 2 1/3 0/0 est due à l'augmentation de 12 — 10 = 2 *kg*, et ce qui justifie bien les conclusions de M. D. Drummond, puisque la Corliss d'Orléans fait l'économie de 10,50 0/0 par sa distribution, la machine 2101 du Nord faisant 13,50 0/0 pour un accroissement de pression de 2 *kg*.

De plus, il faut noter que la locomotive du Nord, vu sa grande surface de grille, ne brûle que 282,8 *kg* de charbon par heure et par mètre carré de grille, alors que la Corliss d'Orléans brûle 354 *kg* de ce même charbon, également par heure et par mètre carré.

Locomotives compound comparées à elles-mêmes.

§ 14. — Dans ces derniers temps, les Ingénieurs d'une grande Compagnie de chemins de fer ayant des compound à leur disposition, en ont fait marcher une ou deux avec les petits cylindres seulement, puis avec leurs quatre cylindres.

Le rapport des volumes entre les petits cylindres et les grands est :: 1, : 2,535 : de sorte qu'avec l'admission à demi-course dans les petits cylindres, on a la détente au cinquième ou à 20 0/0; avec l'introduction au quart dans le petit cylindre, on a la détente à 10 0/0 qui est l'extrême limite, puisqu'elle ne laisse plus qu'une charge à fin de course des grands pistons que de $\frac{15{,}55\ atm}{10}$ $= 1{,}555\ atm = 0{,}555\ kg$ environ, qui est, en réalité, une pression nulle effective, pour peu que l'échappement soit serré.

Mais alors à l'échappement des petits cylindres dans les grands, la pression pour l'introduction à demi-course est de :

$\frac{15{,}55\ atm}{2} = 7{,}777\ atm = 7\ kg$ pour l'introduction au tiers de course $\frac{15{,}555\ atm}{3} = 5{,}185\ atm = 4{,}3\ kg$, et pour l'introduction au quart de course $\frac{15{,}555\ atm}{4} = 3{,}880\ atm = 3\ kg$.

Ces chiffres seraient vrais s'il n'y avait pas de la part des distributions le laminage de la vapeur et la condensation interne dans les cylindres qui diminuent considérablement la pression et le volume de la vapeur à fin de course des pistons; aussi ces pressions à l'échappement des petits cylindres, soit au réservoir intermédiaire, ne sont-elles en réalité que de :

$2{,}9\ kg$ au lieu de $7\ kg$,
$2\ kg$ — $4{,}3\ kg$,
$1{,}2\ kg$ — $3\ kg$,

c'est-à-dire moins que la moitié, c'est ce qui fait qu'aux grandes détentes et à grande vitesse, les grands pistons se meuvent inutilement dans de la vapeur morte.

Or, dans l'essai de la marche avec les petits cylindres *seulement* a-t-on reconnu que sur un profil de plus de 120 *km* de long à faibles rampes et pentes ne dépassant pas 5 0/00 avec courbes à grands rayons, il n'y avait pour un même train, une même charge

et une même machine, aucune différence de marche avec deux ou quatre cylindres ; les consommations d'eau et de charbon restaient pratiquement constantes. Mais, dès qu'on passait du profil à grands rayons de courbures et à faibles rampes dans la section suivante à 8 et 10 *mm* de rampes, on trouvait une grande supériorité pour la marche à 4 cylindres, soit avec les grands cylindres dits de détente qui, au lieu de recevoir de la vapeur à 0,9 *kg*, avec une contre-pression à l'échappement de 0,4 *kg*, recevaient de la vapeur à 1, 2 et 3 *kg* ; l'économie comme l'augmentation de puissance pouvait être estimée à 20 0/0, c'est ce que fait voir la partie pointillée du diagramme fig. 1 de la page 1058 du § 13 (pointillé de droite).

On est en droit de se demander si un troisième essai fait avec les grands cylindres seulement n'aurait pas eu un meilleur rendement puisque l'on n'aurait pas eu les pertes dues au transvasement.

A cette question, les partisans du système compound répondent en affirmant qu'il n'y a pas de distribution pratique capable de produire dans de bonnes conditions les détentes au cinquième, au quart et au dixième et que c'est faute de ne pas avoir cette bonne distribution que force leur est de recourir au système compound qui s'impose avec les grandes détentes et avec les hautes pressions de 14 à 16 *kg*.

Il faut pourtant reconnaître qu'il y a les distributions Corliss d'Orléans, Hoyois de Belgique et Bonnefond (sans déclic), qui permettent la détente au dixième, qu'il est inutile de vouloir dépasser, avec l'emploi de la vapeur sans condensation : que, de plus, les nombreux essais faits en Angleterre, dans ces derniers temps, ont parfaitement bien démontré que les locomotives à haute pression (14 *kg*), avec distributions ordinaires, donnent d'aussi bons résultats économiques que les compound, à deux cylindres ou à 3 cylindres seulement surtout beaucoup plus pratiquement que ces dernières et que, pour cette raison, on y transforme en machines ordinaires un grand nombre de compound à deux cylindres aujourd'hui même.

La distribution, genre Corliss sans déclic, du chemin de fer d'Orléans, a fait ses preuves économiques depuis bien longtemps (1), ainsi que le font voir les deux tableaux ci-après dé-

(1) Voyez à ce sujet les mémoires de M. E. Polonceau, Ingénieur en chef au chemin de fer d'Orléans, aux *Annales des Mines* du 1er novembre 1893 et 2 décembre 1895, ainsi que le *Bulletin* de juin 1890 de la Société des Ingénieurs civils de France.

m ontrant que deux machines identiques marchent sous pression de 10 *kg*, l'une à distribution ordinaire et l'autre à distribution genre Corliss perfectionnée et sans déclic; la dernière, c'est-à-dire la Corliss, réalise en bonne moyenne pratique et industrielle, une économie de 11 0/0, toutes choses égales d'ailleurs, sur la première.

Nous sommes en droit d'assurer que si cette distribution réalise en moyenne une économie de 11 0/0, sous pression de 10 *kg* à la chaudière, elle doit bien sûrement, sous pression de 15 *kg*, faire une plus grande économie, que l'on peut estimer à 16 0/0; de sorte que si les compound à haute pression ne réalisent aucune économie sur les locomotives ordinaires également aux mêmes hautes pressions; des machines timbrées à 15 *kg* avec la distribution Corliss d'Orléans réaliseraient l'économie 15 à 16 0/0 sur la marche des compound, considérées comme les plus perfectionnées et timbrées également à 15 *kg*.

CHEMIN DE FER DE PARIS-ORLÉANS

LOCOMOTIVES N^OS 332 ET 337

Expériences comparatives de traction

(Septembre-Octobre 1894) (1)

entre **Paris** et **les Aubrais** (aller et retour)

Parcours : 118^km 928

Observation. — La locomotive n° 332 est munie d'une distribution à quatre tiroirs indépendants pour l'admission et l'échappement (système L. Durant et A. Lencauchez). — La locomotive n° 337 est munie d'une distribution ordinaire à un seul tiroir à coquille commandé par une coulisse Gooch.

(1) Extraites des Mémoires de M. E. Polonceau, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction, qui se trouvent aux *Annales des Mines* déjà citées.

Tableau 7.

LOCOMOTIVE N° 332

DATES des EXPÉRIENCES	NUMÉROS DES TRAINS	VITESSE NOMINALE	NOMBRE DE VOITURES	TONNAGE DES TRAINS		NOMBRE DES ARRÊTS	DURÉE totale des arrêts	DURÉE RÉELLE de marche	RÉGULATEUR OUVERT			DÉPENSE TOTALE d'eau	DÉPENSE d'eau par cheval-heure
									TEMPS	TRAVAIL au crochet du tender			
				en tonnes	en 100 tonnes kilométriques					en kilogrammètres	en chevaux-vapeur		
		km		*t*			m. s.	m. s.	m. s.			*l*	
29 sept. 1894.	5	75	14	177,786	211,437	»	»	99 36	88 50	1 560 580,80	292,70	9 326	21,5
	28	70	20	249,870	297,165	3	18 48	114 20	92 23	2 152 253,20	388,20	11 754	19,6
30 —	19	75	13	150,950	179,522	3	14 43	96 »	84 51	1 663 576,10	236,70	9 857	21,1
	14	70	16	203,650	242,197	4	8 24	113 18	90 54	1 900 186,04	348,40	11 132	21,0
1er oct. 1894.	5	75	14	167,946	199,735	»	»	100 58	92 25	1 556 137,10	280,60	9 124	21,1
	28	70	11	144,730	172,124	8	12 57	112 51	91 24	1 538 471,20	280,50	10 270	24,0
2 —	19	75	13	152,939	181,887	3	8 33	98 50	87 30	1 718 692 »	329,06	10 165	21,1
	14	70	15	189,210	225,024	6	10 21	109 45	88 22	1 823 778,07	343,90	10 985	21,4
3 —	5	75	14	167,970	199,763	»	»	100 28	91 28	1 576 887,20	287,30	9 209	21,1
	28	70	21	260,225	310,313	2	5 55	112 55	91 27	2 105 188,50	383,60	11 096	18,1
4 —	19	75	13	150,724	179,253	3	8 27	101 16	91 52	1 638 988,60	297,30	9 683	21,1
	14	70	14	168,700	200,631	6	10 39	113 39	91 42	1 504 427,30	273,40	8 680	20,1
8 —	5	75	14	173,475	206,310	»	»	100 80	93 33	1 515 634,40	270,02	8 702	20,4
	28	70	20	242,420	288,305	3	12 70	110 11	88 17	1 652 657,30	311,90	9 033	19,4
9 —	19	75	13	151,710	180,425	4	5 50	102 22	92 21	1 755 281,30	316,70	9 863	20,1
	14	70	14	167,240	198,895	4	12 29	113 10	86 12	1 302 261,50	251,70	7 807	21,1
10 —	5	75	14	170,780	203,105	1	3	100 42	90 25	1 564 925,10	288,40	9 413	21,4
	28	70	18	200,915	238,944	3	9 27	107 45	83 47	1 537 994,30	305,90	9 418	22,0
11 —	19	75	13	148,190	176,240	2	3 40	105 34	93 47	1 456 643,60	258,80	8 982	22,6
	14	70	13	159,710	189,940	4	8 55	109 11	87 22	1 304 059,60	248,70	8 742	24,1
12 —	5	75	15	177,275	210,830	5	3 52	109 32	94 25	1 837 751,20	324,40	10 662	20,8
	28	70	17	201,250	239,343	9	19 30	119 24	92 80	1 871 679,04	328,50	10 986	21,0
13 —	19	75	13	152,425	181,276	2	4 24	103 13	90 42	1 565 214,10	287,60	10 177	23,2
	14	70	12	134,665	180,372	5	10 53	114 57	89 24	1 295 211,10	241,40	9 067	25,2
TOTAUX ET MOYENNES				5 093,036		80	189 21	2 569 56	2165 4	39 398 479,25	303,28	224 139	21,7
							3h9 21	42h49 56	36h5 4	A déduire pour la contre-vapeur, à raison de 30 *l* par kilomètre.		1 430	
												222 709	21,54

Économie en faveur de la locomotive 33

Tableau 8.

LOCOMOTIVE N° 337

DATES des EXPÉRIENCES	NUMÉROS DES TRAINS	VITESSE NOMINALE	NOMBRE DE VOITURES	TONNAGE DES TRAINS		NOMBRE DES ARRÊTS	DURÉE totale des arrêts	DURÉE RÉELLE de marche	RÉGULATEUR OUVERT			DÉPENSE TOTALE d'eau	DÉPENSE d'eau par cheval-heure
				en tonnes	en 100 tonnes kilométriques				TEMPS	TRAVAIL au crochet du tender en kilogrammètres	TRAVAIL au crochet du tender en chevaux-vapeur		
		km		*t*			m. s.	m. s.	m. s.			*l*	*l*
29 sept. 1894.	19	75	13	151,664	180,371	2	7 60	102 90	90 47	1 538 733,90	282,40	10 424	24,38
	14	70	16	194,445	231,250	8	19 12	119 18	90 10	1 641 457,60	303,30	10 906	23,91
30 —	5	75	14	178,752	212,586	»	»	100 19	91 29	1 472 954,40	268,30	9 396	22,96
	28	70	12	136,000	161,742	5	9 41	106 39	85 38	1 390 274,60	270,50	9 800	25,37
1er oct. 1894.	19	75	13	151,125	179,730	2	5 »	102 12	91 33	1 476 538,80	268,80	9 928	24,20
	14	70	15	198,440	236,000	10	19 60	121 48	96 34	1 845 272,20	318,40	12 746	24,86
	5	75	14	167,251	198,908	»	»	100 57	92 26	1 490 683,90	268,70	10 458	25,25
2 —			23	262,955									
	28	70	(1 lampes 22	234,855	308,202	3	20 57	121 22	98 90	2 092 707,40	353,30	12 074	20,77
	19	75	13	150,275	178,720	2	4 36	104 36	91 44	1 416 583,90	257,30	9 285	23,59
3 —	14	70	16	192,145	228,514	4	6 52	113 44	94 12	1 484 254,80	271,20	9 449	22,90
	5	75	14	166,483	197,995	»	»	100 30	90 12	1 457 274,80	269,20	8 958	22,12
4 —	28	70	21	234,580	278,981	3	7 38	108 47	88 47	1 779 370,20	334 »	10 178	20,59
	19	75	13	153,760	182,864	2	5 18	104 39	92 20	1 410 933,08	254,60	8 991	22,94
8 —	14	70	13	161,770	192,300	4	8 52	116 10	92 26	1 410 289,40	200,20	8 580	27,81
	5	75	14	170,980	203,343	»	»	101 30	90 56	1 424 272 »	261,04	8 977	22,69
9 —	28	70	19	232,640	276,674	3	9 24	109 18	86 34	1 489 144,30	286,70	9 294	22,46
	19	75	14	162,545	193,311	2	3 49	103 90	92 31	1 504 066,10	270,90	10 011	23,96
10 —	14	70	11	137,525	163,556	4	7 54	113 56	88 19	1 018 726,70	192,20	8 092	28,59
	5	75	14	168,580	200,489	»	»	101 34	93 42	1 470 832,60	256,10	9 916	24,27
11 —	28	70	16	195,040	231,957	3	8 54	108 54	87 58	1 387 330 »	262,80	9 109	23,63
	19	75	13	150,530	179,022	4	15 53	115,34	98 41	1 526 514,20	288,50	9 862	22,83
12 —	14	70	13	160,815	191,254	9	22 13	124,26	96 12	1 541 429 »	267,05	11 050	25,80
	5	75	14	169,140	201,155	»	»	100,48	92 47	1 486 583,10	267,03	10 006	24,23
13 —	28	70	16	200,925	238,956	4	11 60	109 60	86 60	1 527 989,60	295,70	9 763	23 »
TOTAUX ET MOYENNES				5 047,97		74	193 31	2 611 36	1 199 13	35 984 236,58	272,70	237 253	23,73
							3h13 31	43h31 38	36h39 13				
										A déduire pour la contre-vapeur, à raison de 30 *l* par kilomètre.		916	
												236 337	23,644

$\frac{23,644}{21,263} = 1,1119$, soit 11,19 0/0.

Perte de charge due au transvasement.

§ 15. — J'ai fait remarquer au précédent paragraphe (14) que les pressions effectives à l'échappement des petits cylindres au réservoir intermédiaire n'étaient guère que la moitié de ce que donne un diagramme théorique, en admettant que la détente suive la loi (des pressions) de Mariotte : diagramme que donnent les machines à cylindres à enveloppes de vapeur à bonne circulation active, c'est-à-dire bien chauffés.

Dans le cas des locomotives où les cylindres sont sans enveloppe ou chemise de vapeur, où la distribution n'est ni Corliss, ni Sulzer ou dérivée, et où le crachement ou primage des chaudières est beaucoup plus grand que pour les machines fixes, les pertes de charges et de volumes y sont également beaucoup plus considérables. De sorte que c'est une erreur de comparer une compound de marine avec une locomotive ou encore une compound Sulzer ou Corliss à condensation, avec une locomotive compound. En effet, la distribution ordinaire à coquille produit de fortes pertes de charges dit laminage, à l'introduction comme à l'échappement et de plus une forte compression avec échappement trop anticipé. La compression dans les machines à condensation est presque nulle puisque l'on y comprime une vapeur très dilatée à 1/10 d'atmosphère qui, pour arriver à la pression de 1 *atm* = 0 *kg*, doit avoir le commencement de sa compression au 1/10 de sa course rétrograde. Dans les machines sans condensation, avec un espace mort (nuisible) de 5 0/0, quand la compression commence à demi course rétrograde, la vapeur étant à 1,200 *atm* à l'échappement arrive à fin de course rétrograde à la compression de 10 *kg* environ, si le piston est sans fuite appréciable : il faut donc que la pression dans la boîte à vapeur de distribution soit au moins à 10 *kg* et à celle de 11 *kg* à la chaudière, pour ne pas avoir de soulèvements des tiroirs distributeurs.

Mais avec le système compound pour les locomotives il ne faut pas une forte compression dans les grandes cylindres pour dépasser la pression au réservoir intermédiaire qui n'est que 1 *kg* à 3 *kg*; de même quand la pression au réservoir intermédiaire est de 2 *kg* ou de 3 *atm*, il suffit d'une compression commençant à demi-course dans les petits cylindres, pour soulever les tiroirs, même avec 10 0/0 d'espace nuisible, car on a :

$$3\ atm \times 5 = 15\ atm \text{ ou } 14{,}531\ kg.$$

Aussi pour les locomotives compound donne-t-on aux espaces nuisibles le maximum, soit 10 0/0 au moins et dispose-t-on les distributions pour leur faire donner le minimum de compression; mais alors le laminage prend une grande importance.

A ce sujet, je reproduis ici les planches 20 et 21 du mémoire de M. Privat, Ingénieur du service central du matériel aux chemins de fer P.-L.-M. extraites du n° 3 de mars 1896, de la *Revue générale des chemins de fer*. Ces deux planches reproduites ici *(Pl. 209, fig. 13 à 24)* font voir ce que nous avons déjà dit au précédent paragraphe, savoir que les pressions au réservoir intermédiaire ne sont que la moitié de ce qu'elles seraient dans des machines fixes à distribution, Farcot, Sulzer, Corliss et leurs dérivées.

Cependant certaines locomotives compound ont leurs distributions des deux petits cylindres et des deux grands cylindres accouplées facultativement, avec indépendance partielle pour les variations des admissions de vapeur dans les deux groupes : de cette façon, on peut toujours maintenir au réservoir intermédiaire, non plus des pressions de 3 *kg* au maximum à 0,9 *kg* au minimum mais bien des pressions de 6 *kg* à 3 *kg*. Quand le machiniste est bien attentif et observe bien les pressions qu'il a à la chaudière et au réservoir intermédiaire par la lecture de ses manomètres pour régler convenablement les deux distributions, il obtient de bons résultats; mais souvent c'est le contraire qui se produit quand la bonne volonté lui fait défaut. Si nous admettons que l'on puisse régler automatiquement le rapport des pressions, les plus convenables, entre la chaudière et le réservoir intermédiaire, ce qui n'est pas impossible, nous pouvons considérer comme acquis à la pratique courante, les résultats obtenus dans les essais faits sur les compound du Nord et du Midi, représentés par les $8 \times 2 = 16$ diagrammes de la machine n° 2 122 du Nord, des figures des deux tableaux ci-dessous extraits de la *Revue générale des chemins de fer*, juin 1892. Ces diagrammes sont très remarquables en ce qui concerne la belle part de travail laissée aux grands cylindres; mais on remarque de forte compression aux petits comme aux grands cylindres avec de très grands laminages, soit avec de fortes pertes de charges à l'introduction dans les petits cylindres.

Nous avons disposé spécialement nos pantins pour l'étude des distributions, afin d'examiner l'avantage qu'il y aurait, pour les locomotives compound, à avoir la même distribution que celle

des machines d'Orléans (variété Corliss sans déclic) diminuant considérablement les laminages et les compressions.

Sur les diagrammes ci-dessous intercalés, n° 4 à 15, dans ce texte, nous avons en août 1892, indiqué, par un hâchuré l'augmentation de travail que la distribution d'Orléans donnerait dans les petits cylindres et par un losangé l'augmentation de travail dans les grands cylindres. Par le tableau qui se trouve au-dessous des diagrammes, on a l'augmentation totale de travail obtenu d'un même poids de vapeur dans huit cas différents de marche pratique courante, qui varie entre 5,92 0/0 et 13,8 0/0, et dont la moyenne totale des totaux est de 8,86 0/0 pour des pressions variant, dans les boîtes de distribution des petits cylindres, entre 14 et 10,2 *kg*.

CHEMIN DE FER DU NORD

DIAGRAMMES RELEVÉS

SUR LA

LOCOMOTIVE COMPOUND NORD N° 2122

aux trains 17 *bis* des 17 et 22 mars 1892

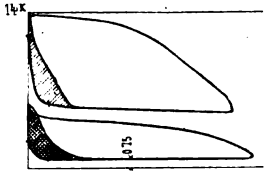
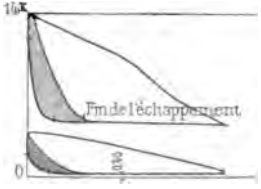
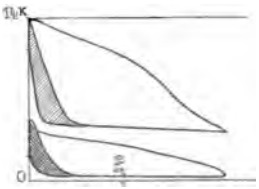
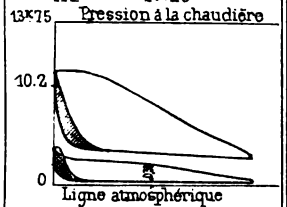
DE PARIS A LONGUEAU

(Revue des Chemins de fer de juin 1892.)

Diagrammes relevés sur la locomotive compound Nord n° 2 122 aux trains 17 *bis* des 17 et 22 mars 1892 de Paris à Longueau.

(Revue des chemins de fer de juin 1892.)

Diamètre des cylindres :
HP 0,340 *m* S = 0,0907 m^2
BP 0,530 *m* S = 0,2206 m^2
Course des pistons 0,640 *m*
Rapport des volumes engendrés par les pistons
HP = 0,0907 } × 0,640
BP = 0,2206 }
$\frac{907}{2\,206} = \frac{1,00}{2,43}$

	Détente au 15 6% N°4	16,1 % AV N° 9	14,8 % AV N°12	13,8 % AR N°15
				
				Pression à la chaudière 13K75 10.2 0 Ligne atmosphérique
Charge en tonnes	178,25	146	146	146
Vitesse en kilomètres à l'heure	71	67	74	92
Rampe	R de 3,4	R de 2,44	R de 4	P de 3,5
Pression à la chaudière	14 *kg*	14 *kg*	14 *kg*	13,75
Pression au réservoir intermédiaire	4,5 *kg*	4,25 *kg*	4,25 *kg*	3 *kg*
Admission 0/0 HP	48 0/0	35 0/0	40 0/0	31 0/0
Admission 0/0 BP	55 0/0	45 0/0	51 0/0	51 0/0
Travail kilogrammètre indiqué pour une course	*7 515,9* | 6 722 | **7 004,5**	*5 736,5* | 4 855,5 | **5 422,1**	*6 041,4* | 5 253,4 | **5 622,6**	*3679,9* | 3 250,8 | **3 528,9**
Poids de vapeur dépensé	*228,6* | 223,79 *g* | **228,6**	*153,7* | 148,17 *g* | **153,7**	*160,9* | 154,86 *g* | **160,9**	*115,9* | 112,33 *g* | **115,2**
Travail kilogrammètre pour 1 *g* de vapeur	*32,87* | 30,03 | **30,64**	*37,32* | 33,769 | **35,272**	*37,54* | 33,92 | **34,94**	*31,73* | 28,93 | **30,43**
Économie réalisée par l'application de la distribution à tiroirs cylindriques aux cylindres HP et BP	*9,4 0/0 totale*	*13,8 0/0 totale*	*10,7 0/0 totale*	*9,68 0/0 totale*
Économie réalisée par l'application de la distribution à tiroirs cylindriques aux cylindres HP	**2,3 0/0**	**7,63 0/0**	**3 0/0**	**5,18 0/0**

Les calculs ont été faits en supposant un espace nuisible de 10 0/0 dans chaque cylindre.

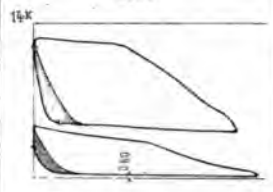
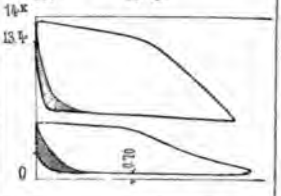
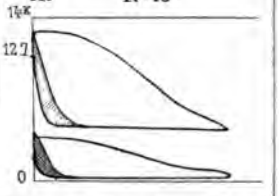
Diagrammes relevés sur la locomotive compound Nord n° 2 122 aux trains 17 *bis* des 17 et 22 mars 1892 de Paris à Longueau.

(Revue des chemins de fer de juin 1892.)

Diamètre des cylindres :
HP 0,340 *m* S = 0,0907 m^2
BP 0,530 *m* S = 0,2206 m^2
Course des pistons 0,640 *m*
Rapport des volumes engendrés par les pistons

$$\left.\begin{matrix} HP = 0{,}0907 \\ BP = 0{,}2206 \end{matrix}\right\} \times 0{,}640$$

$$\frac{907}{2206} = \frac{1{,}00}{2{,}43}$$

	Détente au 15 6 % N°5	20 % N°8	16 % N°10	14,8 % N°13
				Ligne atmosphérique
Charge en tonnes	178,25	146	146	146
Vitesse en kilomètres à l'heure	77	72	68	73,5
Rampe	R de 3	R de 1 *mm* et de 5 *mm*	R de 2,4	R de 4
Pression à la chaudière	14 *kg*	14 *kg*	14 *kg*	14 *kg*
Pression au réservoir intermédiaire	4,5 *kg*	6 *kg*	4,25 *kg*	4,25 *kg*
Admission 0/0 HP	44 0/0	50 0/0	35 0/0	40 0/0
Admission 0/0 BP	53 0/0	50 0/0	45 0/0	51 0/0
Travail kilogrammètre indiqué pour une course	*6 627* | 6 153,6 | **6 353,2**	*6 990,4* | 6 533,8 | **6 697,9**	*5 447,5* | 4 953,3 | **5 185,5**	*5 777,9* | 5 273,8 | **5 548,3**
Poids de vapeur dépensé	*187,2* | 186 *g* | **187,2**	*223,4* | 221,2 *g* | **223,4**	*157,1 g* | 155,4 *g* | **157,1**	*164,4* | 161,8 *g* | **164,4**
Travail kilogrammètre pour 1 *g* de vapeur	*35,39* | 33,08 | **33,91**	*31,29* | 29,54 | **29.98**	*34,48* | 31,87 | **33,00**	*35,14* | 32,59 | **33,74**
Économie réalisée par l'application de la distribution à tiroirs cylindriques aux cylindres HP et BP	*6,98 0/0 totale*	*5,92 0/0 totale*	*8,19 0/0 totale*	*7,82 0/0 totale*
Économie réalisée par l'application de la distribution à tiroirs cylindriques aux cylindres HP	**2,44 0/0**	**1,48 0/0**	**3,54 0/0**	**3,52 0/0**

Les calculs sont faits en supposant un espace nuisible de 10 0/0 dans chaque cylindre.

Les chemins de fer de l'État belge ont deux locomotives type 12 de feu M. Belpaire qui sont munies de la distribution Corliss d'Orléans, la seconde de ces deux machines n'est pas encore en service, elle figurait à l'Exposition Universelle de Bruxelles de 1897, section des chemins de fer, au parc de Tervueren. Sur la première de ces machines il a été fait des essais de vitesse, en juin 1895, dans le cours desquels on a relevé un certain nombre de diagrammes. Avant d'aller plus loin, je crois devoir faire remarquer que les cylindres de cette machine qui porte le n° 2159, ne sont pas très bien venus à la fonderie, il a fallu un peu tricher sur les tiroirs distributeurs et sur les tables circulaires de distribution pour les utiliser; malgré de petites imperfections de montage dues à cet état de choses, on voit cependant qu'il est permis de trouver les diagrammes n^{os} 1 à 4, fig. 25 à 28 de la planche 209, comme très beaux.

En effet, on voit : 1° que le laminage *a* se réduit à bien peu de chose, même aux vitesses de 92 à 95 *km* à l'heure; 2° que la compression même aux détentes de 1/6 à 1/7 (soit avec l'introduction en volume de 14 0/0 à 17 0/0; diagrammes *fig. 25 à 28*) se réduit à très peu de chose également, principalement du côté arrière, où les lumières de distributions sont bonnes et 3° qu'aux vitesses de 92 et 95 *km* à l'heure (1), la contre-pression (ou pression résistante à l'échappement) n'est encore que de 0,300 *kg* sur les pistons. Ces diagrammes sont aussi beaux que ceux des Corliss et des Sulzer de machines fixes aux vitesses de 70 à 85 tours de manivelle à la minute.

Le très faible laminage *a* que l'on remarque sur trois des figures de la planche 209 est dû, en grande partie, à l'eau de crachement (primage) qui est toujours relativement considérable dans les locomotives comparées aux machines fixes. Pendant les 4/5, les 5/6 ou les 6/7 de la course des pistons, suivant que la détente est plus ou moins grande; cette eau (chaude) se dépose sur les tables des distributeurs (tiroirs) et, à la prochaine introduction, un peu après le démasquement (ouverture), elle entre dans le cylindre avant la vapeur, en réduisant à 1/30 environ sa vitesse d'introduction; de là la perte de charge représentée par *a* qui, avec la distribution Corliss d'Orléans, se réduit à une quantité négligeable, ainsi qu'on le voit planche 209, comme quantité de travail (ou kilogrammètres) perdu pour un même poids de vapeur

(1) Soit une vitesse de 250 tours de manivelle par minute.

employée. Le seul moyen de faire disparaître *a*, consiste à faire arriver de la vapeur bien sèche dans les boîtes de distribution.

En m'adressant ces quatre diagrammes, M. Blanquaert, Ingénieur en chef, Directeur de la traction et du matériel des chemins de fer de l'État belge, me donne, par sa lettre du 9 juin 1897, le tableau 9 ci-dessous.

TABLEAU 9.

DÉSIGNATION des TRAINS	VISESSE A L'HEURE en moyenne	EAU CONSOMMÉE par tonne kilométrique	CHARBON CONSOMMÉ par tonne kilométrique	EAU VAPORISÉE par kilogramme de charbon
	km	*l*	*kg*	*kg*
A. — Train de 150 *t.*	75	0,594	0,0840	7,080
B. — Train de 303 *t.*	63	0,338	0,0450	7,380

Essais faits entre Schaerbeck et Ostende, rampe maximum de 5 *mm* par mètre, distance 120 *km.*

Trains de 150 *t* et de 303 *t*, les chemins (120 *km*) ont été respectivement parcourus en 1 h. 36 m. et en 1 h. 54 m., soit donc avec des vitesses moyennes à l'heure de 75 *km* et de 63 *km.*

Essais de la Compagnie des chemins de fer de l'Est français.

§ 16. — La Compagnie des chemins de fer de l'Est, en décembre 1896 et en janvier et février 1897, a fait faire une série d'essais comparatifs de traction avec une locomotive compound, la Compagnie du Midi et quatre locomotives de son dernier type à grande vitesse, toutes construites pour le service des express et des trains rapides.

Ces essais ont fait l'objet d'un rapport ou mémoire de M. L. Salomon, Ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie de l'Est, sous le nom de *Note sur des Essais comparatifs de traction entre la machine compound de la Compagnie du Midi n° 1760 et les machines de la Compagnie de l'Est de la série 800 :* on trouve ce très intéressant mémoire dans la *Revue générale des chemins de fer*, numéro de septembre 1897.

Il ne saurait me venir à l'idée de reproduire ici le long, savant et remarquable mémoire fait par M. L. Salomon avec la plus grande

impartialité; je ne puis donc qu'y renvoyer le lecteur, en faisant ci-dessous un tableau très sommaire résumant la très belle étude de M. Salomon.

Il ne pourrait entrer dans mon esprit de discuter le rapport de M. L. Salomon, car son étendue est beaucoup trop considérable; en effet, il forme une brochure grand format de 38 pages renfermant 22 tableaux, une planche de profils et une planche de graphiques.

En consultant le tableau ci-dessous n° 10, on serait disposé à croire que la machine de la Compagnie du Midi n° 1760 compound est incontestablement supérieure aux machines de l'Est de la série 800 sous tous les rapports, et que cette supériorité peut être spécifiée comme une valeur positive de 11 0/0.

M. Salomon, dans ses conclusions, dit, en discutant les 22 tableaux (qu'il a dû faire sur les périodes de service du 3 décembre 1896 au 15 janvier 1897 et du 19 janvier au 2 février 1897), qu'on a pu observer la marche d'un grand nombre de trains, pour faire toutes les déterminations qui lui étaient nécessaires et que quatorze trains ont été dynamométrés; qu'il résulte de toutes ses déterminations et constatations :

1° Que la compound du Midi fait sur les machines 800 de l'Est une économie de combustible de 5 à 12 0/0 suivant les charges des trains;

2° Avec une dépense d'eau inférieure de 8 à 9 0/0;

3° Que l'économie en argent que fait la compound du Midi peut être estimée, pour le combustible seulement, à 0,01822 f par kilomètre.

Mais qu'avec l'augmentation de dépense de premier établissement et avec l'augmentation des frais d'intérêt, d'amortissement et d'entretien, on aurait une augmention totale de frais de :

1° Établissement . . .	0,009 f	0,019 f par kilomètre.
2° Entretien	0,010	

De sorte que M. Salomon, comme conclusion finale, dit que l'emploi des compound entraînerait une augmentation de dépense :

$$0{,}019 - 0{,}01822\,f = 0{,}00078\,f$$

par kilomètre. Mais que, dans l'état actuel des choses, la disposition compound semble s'imposer.

Je vais faire voir, en quelques mots, que l'excellente compound

Tableau 10.

DÉSIGNATIONS	MIDI	EST
Numéros des locomotives	1760	813 à 840
Surface de grille (utile)	2,33 m^2	2,4180 m^2
Tubes vaporisateurs à ailettes Serve	111	»
Tubes vaporisateurs ordinaires	»	304
Longueur des tubes	3,900 *m*	4,300 *m*
Diamètre intérieur des tubes	0,070 *m*	0,040 *m*
Section de passage de fumée à travers les tubes (section totale)	0,3289 m^2	0,2980 m^2
Surface de chauffe du foyer	11,33 m^2	13,61 m^2
Surface de chauffe du bouilleur Tenbrinck	2,49 m^2	»
Surface des tubes, surface des ailettes comptées	160,18 m^2	»
Surface des tubes, surface cylindrique intérieure	»	146,66 m^2
Surface totale de chauffe	174 m^2	160,27 m^2
Surface extérieure des tubes mouillée par l'eau	96,35 m^2	163,68 m^2
Volume relatif des boîtes à fumée	2	1
Poids moyen de la machine en ordre de marche	53,330 *t*	56,766 *t*
Poids du tender 40 0/0 de ses approvisionnements étant consommés	28 *t*	32,730 *t*
Poids total moyen de la machine et de son tender en ordre de marche	81,330 *t*	89,496 *t*
Timbre de la chaudière	14 *kg*	12 *kg*
Pression moyenne de marche dans les boîtes à vapeur de distribution	13,750 *kg*	8 à 9 *kg*
Pression résistante à l'échappement sur les pistons ou contre pression moyenne	0,300 *kg*	0,500 *kg*
Pression effective de marche à l'introduction sur les pistons	13,450 *kg*	8 *kg*
Différence de pression utile effective en faveur de la machine du Midi	+ 5,450 *kg*	»
Chemin parcouru, Paris à Chaumont. Aller et retour à vitesse moyenne	»	»
(*a*) Vitesse réelle à l'heure	72 *km*	72 *km*
(*a*) Charge moyenne (non compris machine et tender)	176 1/2 *t*	184 *t*
(*a*) Travail moyen à la barre de traction du tender	335 *ch*	387 *ch*
(*b*) Charge moyenne (non compris machine et tender)	248 *t*	249 *t*
(*b*) Vitesse réelle à l'heure	48 1/2 *km*	48 1/5 *km*
(*b*) Travail moyen à la barre de traction	470 *ch*	468 *ch*
(*c*) Charge moyenne (non compris machine et tender)	220 *t*	220 *t*
(*c*) Vitesse réelle à l'heure	67,170 *km*	66,830 *km*
(*c*) Travail à la barre de traction	446,1 *ch*	423,4 *ch*
Dépense d'eau par heure et par cheval effectif à la barre d'attelage	»	»
Trains (*a*) Vitesse 72 *km*, 180 *t*	15,545 *l*	17,020 *l*
Trains (*b*) Id. 48 *km*, 248 *t*	13,940 *l*	16,150 *l*
Trains (*c*) Id. 67 *km*, 220 *t*	14,150 *l*	16,650 *l*
Dépense de charbon par heure et par cheval effectif à la barre d'attelage	»	»
Trains (*a*) Vitesse	2,410 *km*	2,610 *km*
Trains (*b*) Id. et charge	1,999 *km*	2,440 *km*
Trains (*c*) Comme plus haut	2,130 *km*	2,319 *km*
Moyenne de *a b c* par heure et par cheval effectif	2,180 *km*	2,456 *km*
Différence apparente en faveur de la machine du Midi 2,456 — 2,180 = 0,276 *kg* ou	11 0/0	

du Midi, des plus belles et plus remarquables comme mécanisme sous tous les rapports, ne prouve pas du tout que le principe compound est indispensable à nos chemins de fer. En effet, remarquons dans le tableau n° 10 ci-dessus :

1° Que, par suite du grand nombre de ses petits et longs tubes 304, la machine de l'Est marche toujours avec un échappement plus serré que la machine du Midi, qui n'a pour la même surface utile de chauffe que 111 gros tubes courts, lui donnant, de plus, une section d'écoulement de fumée de 0,3289 — 0,2980 m^2 = 0,0309 m^2 plus grande; pour cette raison, la différence moyenne de la contre-pression à l'échappement est, au minimum, de 0,500 *kg* — 0,300 *kg* = 0,200 *kg* en faveur de la machine du Midi. Or, à 72 *km* à l'heure, une pression résistante de 0,200 *kg* absorbe 15,5 *ch* par cylindre, soit, pour locomotive de l'Est, 31 *ch*;

2° D'un autre côté, le poids moyen d'une machine à l'Est avec son tender est supérieur à celui de la machine du Midi en ordre moyen de marche de :

$$89{,}496 - 81{,}330\ t = 8{,}166\ t.$$

Comme on estime, en moyenne, 1 *t* de locomotive à 3 *t* de voiture et 1 *t* de tender à 2 *t* de voiture, on est en droit, sans exagération, d'estimer à 16 *t* de traction en plus le travail fait par les locomotives de l'Est (1);

3° Que la capacité de boîte à fumée de la machine du Midi étant double de celle de l'Est, il s'ensuit que le tirage est beaucoup plus régulier et beaucoup moins énergique dans la locomotive du Midi qui expulse beaucoup moins de poussier de charbon par sa cheminée; de ce fait, la machine du Midi fait encore une petite économie;

4° Comme le tirage est plus régulier dans la machine du Midi, la combustion doit y être plus parfaite et, comme nous n'avons pas d'analyse de fumées, nous ne pouvons pas évaluer l'économie de combustible réalisée de ce côté;

5° Que très probablement la quantité d'eau entraînée par crachement (primage) est plus forte dans les machines de l'Est que dans celles du Midi, il y a donc encore de ce côté une petite économie en faveur de la locomotive du Midi;

6° Qu'en consultant les tableaux de M. Salomon, on voit que les vaporisations en cours de marche (seules vaporisations inté-

(1) MM. les Ingénieurs de la Compagnie de l'Est n'admettent pas un si grand écart: si on veut, n'en admettons aucun et nous n'aurons qu'à compter sur 8 tonnes seulement.

ressantes pour un essai comparatif) ont été, par kilogramme de charbon consommé (en marche), pour les machines comparées et pour un même travail dans les mêmes conditions :

		Pour la locomotive du Midi.	Pour la locomotive de l'Est.
Suivant les charges et les vitesses.	1° *(a)* de . .	8,127,5 *l*	7,949 *l*
	2° *(b)* de . .	8,288	7,690
	3° *(c)* de . .	8,934	8,026
En moyenne, les vaporisations par kilogramme de charbon ont été de. .		8,450 *l* et	7,888 *l*
L'augmentation de vaporisation en faveur de la machine du Midi, en marche utile seulement, a été, de. .		0,562 *kg.*	

Soit donc une économie de 7 0/0 pour la chaudière de la locomotive du Midi.

On remarquera que seule la consommation de marche a de la valeur ici; les allumages, les consommations de stationnement et les mises hors feu ne disant rien pour le cheval-vapeur de service.

En résumé, la supériorité de la locomotive compound du Midi peut s'évaluer ainsi :

a) Avantage dû à une moins grande contre-pression à l'échappement : 31 *ch* sur 421 1/2 *ch* en moyenne, soit . . .	7 0/0
b) Avantage dû à un moins grand poids de machine et du tender pour les mêmes efforts de traction aux mêmes vitesses, $8 \times 2 = 16$ *t*, sur 216 *t* en moyenne, soit.	7 (1)
c) Avantage dû à une combustion plus calme avec moins de perte par poussières charbonneuses lancées en l'air par l'échappement.	1
d) Avantage dû à un moins grand primage	2
e) Avantage dû à une meilleure vaporisation (en cours de route) en marche utile par kilogramme de charbon.	7
TOTAL de tous les avantages dont a pu bénéficier la locomotive du Midi.	24 (2)

(1) A réduire à 3,5 0/0 si l'on veut.

(2) A réduire à 20 0/0 si on pense devoir admettre les conditions les plus favorables pour les locomotives de l'Est.

Au tableau n° 10, nous n'avons trouvé qu'une économie de 11 0/0, soit un peu moins que la moitié du total ci-dessus. Mais comme ces cinq causes d'économie ne s'ajoutent pas toujours et que, d'un côté, il faut tenir compte du rendement total du vaporisateur (la chaudière), du rendement organique de la machine et du rendement à la barre de traction, on est en droit d'admettre que le rendement pratique moyen de 11 sur 24, soit de 45 0/0 du total de l'augmentation de puissance, doit être bien près de la vérité et, qu'en conséquence, les 11 0/0 d'économie trouvés au tableau 10, en faveur de la machine du Midi, ne prouvent pas que c'est au système compound que cette économie est due, mais bien à toutes les causes que nous venons de résumer.

Mais il est un point, sur lequel, à dessein, je n'ai rien dit jusqu'ici, qui est celui de la grande supériorité due à la marche à haute pression, car ainsi que nous l'avons vu § 13, M. Dugald-Drummond a bien démontré, par une étude aussi considérable que celle de M. Salomon, mais dans un autre ordre d'idées, qu'une même locomotive ordinaire qui, en marche, passe de la pression de 9,840 *kg* à 11,250 *kg*, réalise une économie de 11 à 13 0/0 et que si elle passe à la pression de 9,840 *kg* à celle de 14 *kg*, elle fait une économie de 31 0/0 dans des conditions de travail rigoureusement semblables sur le même profil, c'est-à-dire remorquant les mêmes voitures, avec les mêmes charges, à la même vitesse et par un même temps : que, de plus, une locomotive à deux cylindres compound ne différant d'une machine ordinaire, que par le transvasement seulement, le reste étant rigoureusement semblable en tout, comme type, aux machines qu'on lui oppose, sous la même pression 14 *kg*, n'arrive à cette haute pression qu'à faire le même travail, *sans la moindre économie de combustible et sans aucune augmentation de puissance.* D'où il suit, d'après M. Drummond et beaucoup d'autres Ingénieurs en chef anglais, que les économies apparentes que, jusqu'ici, on a attribuées aux compound, ne sont dues qu'aux augmentations de pressions que l'on peut plus facilement obtenir avec toutes les machines ordinaires aux mêmes timbres élevés : d'où il suit que le compoundage n'est absolument pour rien dans les prétendues économies dont on parle tant et qui ne sont dues qu'aux accroissements de pression.

Or, dans les essais de la Compagnie de l'Est, en décembre 1896 et janvier et février 1897, on n'a pas tenu compte de ce que la compound du Midi a constamment marché sous pression effective

de 5 *kg*, au-dessus de celles de l'Est et, de ce fait seulement, d'après M. D. Drummond, la machine du Midi aurait dû réaliser, au minimum, une économie de 30 0/0. Il est regrettable que dans les courses d'essais de l'Est, on n'ait pas fait faire quelques courses à la compound du Midi en réduisant sa pression de 14 *kg* à 9 *kg*, ce qui l'aurait fait marcher à la même pression effective que les machines de l'Est. Sur les machines de l'Est, comme on vient de le voir plus haut, ce n'est guère que le 1/3 de cette économie que celle du Midi a pu faire, quoique cependant bien favorisée encore par tous les détails de sa construction qui, en dehors du compoundage lui donnent encore en plus, une supériorité de 24 0/0 cumulés incontestablement de 20 0/0.

L'étude complète de la question force donc à reconnaître qu'une machine qui aurait pu réaliser une économie de 30 0/0 pour la marche à haute pression et de 10 à 11 0/0 pour les autres conditions de perfection de sa construction, devait faire économie totale de :

$$30 + 10 = 40\ 0/0.$$

Loin de là, c'est à peine le 1/4 de cette économie que la locomotive du Midi a pu faire. Ce résultat n'est-il donc pas la condamnation du système compound, pour les locomotives, surtout quand on pense que, sans changement, une vieille locomotive timbrée à 10 *kg* fait aussi l'économie de 11 0/0 au moyen d'une simple substitution de cylindres, pour l'application d'une distribution perfectionnée où on a rendu indépendant l'échappement de l'introduction, comme ont fait Corliss et beaucoup d'autres Ingénieurs dans ces derniers temps.

Comparaison de locomotives.

§ 17. — Par un dernier tableau n° 11, j'ai voulu résumer, autant que possible, les essais de la Cie d'Orléans, de la Cie P.-L.-M., de l'État Belge et de la Cie de l'Est, quoique :

(a) 1° Les rampes entre Orléans et Tours ne sont, en moyenne, que de 3,5 *mm* par mètre.

2° Les rampes entre Paris et Orléans varient entre 3 et 5 *mm* avec une forte rampe de 8 *mm*, celle d'Étampes.

3° Les rampes entre Paris et Laroche varient entre 3 et 5,4 *mm*, et les rampes entre Paris et Chaumont varient entre 3 et 6 *mm*, mais sont très nombreuses.

4° Les rampes entre Schaerbeck et Ostende n'ont guère que 5 à 6 *km*, en rampes de 3 à 5 *mm* et leur ensemble varie entre 1 et 3 *mm*, sur une distance de 120 *km* : on pourrait en considérer 60 en palier ou à rampes inférieures à 1,5 *mm*.

La part de travail absorbé par les locomotives pour gravir ces rampes est donc très variable.

(b) La puissance vaporisatrice des chaudières est aussi très variable, car on remarque au tableau 6, § 13, que pour un même kilogramme de charbon, on obtient depuis 7,160 *kg* jusqu'à 9,650 *kg* de vapeur, ou mieux, d'eau consommée.

(c) Les charbons employés, quoique bons, n'ont point tous la même puissance calorifique.

(d) La perfection dans la combustion ne peut être la même dans des locomotives, qui ont depuis 1,60 m^2 de surface de grille jusqu'à 4,70 m^2 (État Belge).

(e) Le matériel présente au roulement, soit à la traction, de grandes différences, d'une Compagnie à une autre; de sorte que l'effort de la traction n'étant pas le même, les consommations d'eau et de charbon par tonne kilométrique peuvent notablement varier pour cette raison.

(f) Les pressions de marche dans les boîtes à tiroirs de distributions, varient, dans le tableau ci-dessous 11, depuis 9 jusqu'à 15 *kg*.

(g) La pression résistante à l'échappement (dite contre-pression) est aussi très variable d'un type de locomotive à l'autre.

D'où il suit qu'il ne faut juger le tableau 11 ci-dessous qu'avec beaucoup de réserve.

Tableau 11.

LOCOMOTIVES QUATRE ROUES accouplées pour TRAINS EXPRESS ET RAPIDES	PRESSION de la VAPEUR dans les boîtes à tiroirs de distribution	CHARGE des TRAINS	VITESSE MOYENNE à l'heure	TRAVAIL MOYEN en chevaux à la barre d'attelage	DÉPENSE par cheval et par heure à la barre d'attelage		DÉPENSE par tonne kilométrique remorquée	
					EAU	CHARBON	EAU	CHARBON
	kg	*t*	*km*	*ch*		*kg*	*l*	*kg*
Compagnie d'Orléans 1885 avec réchauffeur d'eau d'alimentation à 98°	10	240	70	344 1/2	16,770	1,744	0,351	0,0360
Compagnie d'Orléans 1894 avec distribution genre Corliss 332. . . .	10	212	70 à 80	303 1/4	21,263	2,720	0,455	0,0584
		Moyenne de 24 trains.						
Compagnie d'Orléans, la même locomotive 332	10	260	70	383 1/2	18,970	2,429	0,355	0,0454
Compound P.-L.-M. Mars 1896. *Revue générale des chemins de fer* . . .	15	215 1/2	69	261	17,325	2,040	0,3054	0,0382
Id.	15	145	66	153	24 »	3,030	0,3791	0,0461
Compound du Midi. Janvier 1897. Moyenne *a*, *b* et *c*	14	216	62	417	14,527	2,179	0,5180	0,0613
Machine de l'Est, type 800. Janvier 1897. Moyenne *a*, *b* et *c*	9	218	62	426	16,607	2,456	0,5694	0,0724
État Belge. Machine type 12. N° 2159.	»	150	75	L'État belge n'a pas dynamométré ses			0,5940	0,0840
Corliss sans déclic. Juin 1895. . . .	9	303	63	trains d'essai, pour ses comparaisons.			0,3380	0,0450

Cependant, on peut conclure en disant :

1° Que plus la pression de la vapeur est élevée, dans les boîtes à tiroirs de distribution, plus la machine est économique.

2° Que plus la charge remorquée est grande, plus, également, la marche est économique : ce qui s'explique facilement, puisque la locomotive et son tender forment une constante d'autant plus petite que la charge remorquée est considérable.

BULLETIN DU CONGRÈS INTERNATIONAL DES CHEMINS DE FER

MARS 1897.

§ 18. — **Les locomotives anglaises à grande vitesse. Types récents et résultats obtenus** *par M. Ch. Rous Marten.*

RÉSUMÉ.

Dans sa note sur les locomotives anglaises, M. Rous fait remarquer qu'il y a eu l'année dernière peu de nouveautés en matière de construction de locomotives et que la plupart des Compagnies se contentent de conserver les types en usage ; néanmoins, il constate trois tendances principales relatives :

1° A l'abandon du système compound à 2 cylindres pour les locomotives express ;

2° A l'abandon des cylindres extérieurs ;

3° A l'adoption du bogie d'avant.

Système compound. — C'est ainsi que le North Western et le North Eastern ne construisent plus de locomotives compound ; ce dernier a même transformé 10 compound en machines à simple expansion. Sur le Great Eastern, les locomotives compound ont disparu depuis longtemps ; elles ont été également abandonnées par le Great Western et le North British.

Cylindres. — Les cylindres extérieurs semblent appelés à disparaître, car les Ingénieurs du Great Eastern, du London and South Western et du Calédonian, qui avaient ou qui ont encore en service un assez grand nombre de machines de ce type sont d'accord avec leurs collègues des autres grands réseaux pour les condamner.

Les cylindres extérieurs sont encore appliqués aux machines à roues libres de 2,438 *m* du Great Northern et aux machines compound du North Western, par suite des nécessités de la construction.

Cet abandon est remarquable car, d'après M. Rous, presque tous les chemins de fer Européens et Américains sont partisans des cylindres extérieurs.

Bogies. — Quant à l'emploi du bogie d'avant, il s'est généralisé d'une façon incontestable à la suite des terribles déraillements de Preston et du Box Tunnel, attribués tous les deux à l'absence de bogie.

Les autres particularités les plus remarquables des locomotives de construction récente, sont les grandes dimensions des chaudières, des cylindres et des roues accouplées.

Chaudières. — Les machines type « Dunalastair », du Caledonian, ont une chaudière de 3,353 *m* de longueur, 1,422 *m* de diamètre et 131 m^2 de surface de chauffe, celles du Great Western ont 144 m^2.

Diamètre des cylindres et des roues motrices. — Les dernières machines de M. Worsdell, du North Eastern, ont des roues couplées de 2,318 *m* de diamètre et des cylindres de 508 *mm* de diamètre avec une course de 660 *mm*.

Sur le Great Western, les machines « Armstrong » ont des roues couplées de 2,134 *m* et des cylindres de 508 *mm* de diamètre, les machines à roues libres de 2,337 *m*, du type « Amazon », ont des cylindres de 483 *mm*. Les machines à roues libres de 2,286 *m*, du Midland, celles du North Eastern à roues libres, de 2,311 *m*, ont également des cylindres de 483 *mm*. Enfin, les machines à roues libres de 2,438 *m* du Great Northern ont des cylindres de 495 *mm*.

Dans la plupart des cas cependant, on se borne aux diamètres de 470, 464 et même 457 *mm*.

Timbre des chaudières. — Le timbre des chaudières est rarement inférieur à 10,55 *kg*; il varie ordinairement de 11 à 12 *kg*; les chaudières du North Eastern travaillent à 12,66 *kg* et sont construites pour supporter 14 *kg* si cela est nécessaire.

Prise d'eau en marche. — Les auges pour l'alimentation de l'eau en marche sont maintenant en usage sur le North Western, le

Lancashire and Yorkshire, le Great Western et le seront prochainement sur le North Eastern, la diminution de charge du tender serait d'au moins 15,25 *t*.

Dômes de vapeur. — Les dômes de vapeur sont employés presque partout; le South Eastern est à peu près la seule Compagnie qui conserve le type sans dôme, autrefois si en faveur.

Résultats obtenus.

M. Rous passe ensuite une revue des résultats obtenus sur les différents réseaux de la Grande-Bretagne avec les machines nouvellement construites; la nomenclature en est excessivement intéressante, mais fort longue et nous n'indiquerons que les parcours les plus remarquables.

(Dans tout ce qui suit, les charges indiquées sont les charges remorquées ne comprenant, par conséquent, ni la locomotive ni le tender).

Great Western. — On ne rencontre pas sur ce réseau, les grandes vitesses de 87 à 98 *km* à l'heure, mais les vitesses de 80 à 86 *km* sont d'un usage courant. Un express de jour fait le trajet de Londres à Exeter, 312 *km*, sans arrêt, en prenant deux fois de l'eau en marche (c'est actuellement le plus long parcours effectué sans arrêt).

La ligne est facile, mais présente quelques rampes de 8, 9 et 11 *mm*, le temps alloué est de 3 h. 45 m., correspondant à une vitesse de 83,2 *km*; cependant, une machine du type « Amazon » à roues libres de 2,337 *m*, remorquant 6 voitures à bogies, 142 *t*, a effectué le parcours en 3 h. 36 m. 45^{s}, à la vitesse moyenne de 86,5 *km* à l'heure et cela malgré plusieurs ralentissements pour travaux à la voie.

Les charges de cet express varient entre 142 et 234 *t*, dans ce dernier cas, on met deux locomotives.

Les machines à roues libres ont, paraît-il, une allure superbe et atteignent des vitesses de 134 *km* à l'heure, tandis que les machines à roues couplées, plus puissantes, manquent un peu de vitesse et occasionnent des retards.

London and South Western. — Une locomotive à roues couplées de 2 *m* de diamètre a remorqué 223 *t* à 40 *km* sur une rampe de 12 *mm* et, en pente, la vitesse a atteint 128 *km* à l'heure.

Great Northern. — Avec des charges s'élevant jusqu'à 254 *t*, les machines à roues libres de 2,476 *m* maintiennent des vitesses de 104 *km* à l'heure en palier et de 65 à 80 *km* sur des rampes de 5,6 *mm*; avec une charge de 101 *t*, elles peuvent conserver une vitesse de 96 *km* en rampe de 5 *mm*. Ainsi, le trajet de Grantham à York (133 *km*), qui doit se faire d'après l'horaire à la vitesse de 91 *km*, a été fait à celle de 99,3 *km* avec une charge de 189 *t*. Celui de Péterborough à York, 180 *km*, a été effectué à la vitesse de 90 *km* avec 233 *t* sur une ligne comportant une rampe de 5 *mm*, longue de 32 *km*. Enfin, le parcours de Londres à Grantham, 169 *km*, a été fait à la vitesse de 90 *km*, avec une charge de 182 *t*, ce parcours comprenant plusieurs rampes de 9 *mm*, quelques-unes de 10 *mm* et 3 rampes de 5 *mm* sur 13,6 et 24 *km* de longueur. C'est sur cette ligne que M. Rons a enregistré la plus grande vitesse, le kilomètre en 26 secondes (138,6 *km* à l'heure).

London and North Western. — Une des machines compound de M. Webb a fait le trajet de Londres à Crewe (254 *km* sans arrêt) à la vitesse de 88,5 *km* avec une charge de 210 *t*.

Un train de 237 *t* a été remorqué de Crewe à Carlisle (227 *km*) en double traction à la vitesse moyenne de 95,3 *km*; le parcours comprenant 9,7 *km* en rampe de 10 *mm*, 24 *km* en rampe 7 *mm* et une 3e rampe de 10 *km* dont 3 *km* en rampe de 6 *mm*, 8 et 7 *km* en rampe de 13. La vitesse de 137,9 *km* a été atteinte en pente de 8 *mm*.

Les petites machines de 33 *t* à roues couplées de 1,98 *m*, donnent des résultats étonnants, l'une d'elles a remorqué 190 *t* de Crewe à Rugby (121,5 *km*) à la vitesse de 90 *km* avec, au départ, une montée de 17,7 *km*, presque tout le temps en rampe de 5,6 *mm*. En double traction ces machines ont remorqué 197 *t*, de Pewrith à Preston (116,7 *km*) en 69 minutes 1/2, 100,7 *km* à l'heure. Une fois qu'elles eurent franchi, et au départ en 17 minutes 1/2 les 22 *km* en rampes de 8 et 10 *mm*, elles ont maintenu, pendant tout le reste du parcours, une vitesse presque constamment comprise entre 105 et 115 *km* à l'heure avec un maximum de 137,9 *km* et un minimum de 96,6 *km*, quoiqu'il y eût d'autres rampes assez nombreuses de 8 et 6 *mm*.

Une autre de ces petites machines a, sans renfort, remorqué 253 *t* de Preston à Rugby (203,6 *km*) à la vitesse moyenne de 80 *km* et cela malgré trois ralentissements, un arrêt et une montée de 16 *km* au départ, presque tout le temps en rampe de 10 *mm*.

Midland. — Une machine à roues libres de 2,286 *m*, a effectué le trajet de Londres à Leicester (159 *km*) à la vitesse de 86,5 *km* avec une charge de 188 *t*.

Une machine à roues couplées de 1,98 *m*, a gravi une rampe de 10 *mm* longue de 24,1 *km*, en 21 minutes, soit à la vitesse de 68,5 *km* avec une charge de 203 *t*.

North Eastern. — Une des grandes machines à roues couplées de 2,318 *m*, a remorqué 249 *t* de York à Newcastle (129,5 *km*) dans le temps alloué, 92 minutes, soit à la vitesse de 84,4 *km*, malgré deux ralentissements et de nombreuses rampes dont quelques-unes de 6,7 *mm*.

Une machine à roues libres également de 2,318 *m*, fit ce trajet en 1/2 minute de moins avec une charge de 223 *t*, et un arrêt intermédiaire.

On peut encore citer le parcours de York à Darlington (78,8 *km*) fait en double traction, à la vitesse de 97 *km* avec 318 *t*; il est vrai que la ligne est presque toujours en faible pente de 1,7 *mm*.

Manchester, Sheffield and Lincolnshire. — Une machine à roues couplées de 2,159 *m*, remorqua 122 *t* de Grantham à Sheffield (91,3 *km*), à la vitesse de 89,8 *km* avec des rampes de 5 *mm* et 6,7 *mm* et un ralentissement à 8 *km* pour passer une courbe de 140 *m* de rayon.

Une autre fit, avec 102 *t*, à la vitesse moyenne de 72,4 *km*, un parcours de 11,7 *km* dont, 4 *km* en rampe de 10 *mm* et le reste en rampe de 8,5 *mm*.

Lancashire and Yorshire. — Les machines à roues couplées de 2,210 *m*, peuvent gravir une rampe de 20 *mm* à la vitesse de 40 *km* avec une charge de 110 *t*, et une rampe de 6,7 *mm*, à la vitesse de 77 *km* avec 162 *t*.

Le trajet de Liverpool à Manchester (58,7 *km*), a été effectué à la vitesse de 85,4 *km* avec 101 *t*, malgré 16 *km* en rampe de 10 et 11 *mm*.

Caledonian. — D'après les horaires de cette Compagnie, plusieurs trajets doivent s'effectuer aux vitesses de 90 et 98 *km* à l'heure sur l'une des lignes les plus difficiles du pays, présentant de longues rampes de 12 et 13 *mm*, des courbes de faible rayon et plusieurs bifurcations où la vitesse doit être réduite.

Les machines « Dunalastair » sont à la hauteur de leur tâche.

Le trajet de Carliste à Aberdeen (386,2 *km*), a été effectué à la

vitesse moyenne de 96,5 *km* à l'heure, avec trois arrêts intermédiaires et cinq ralentissements. La charge était de 169 *t* jusqu'à Perth (243 *km*), et de 102 *t* dans la fin du parcours.

La ligne est très accidentée et présente de nombreuses rampes de 5, 8, 9 et 10 *mm*, ainsi que deux rampes de 12,5 *mm*, longues chacune de 3,2 *km* et deux rampes de 13,3 *mm*, l'une de 7,7 *km*, l'autre de 9,7 *km*.

L'express postal a été remorqué avec 140 *t* de Perth à Aberdeen (144 *km*), à la vitesse de 98,5 *km* sur cette ligne accidentée, aux nombreuses rampes de 8 et 10 *mm*.

North British. — Une locomotive à roues couplées de 2,134 *m*, fit le parcours de Glascow à Edimbourg (74 *km*) en 52 minutes, soit à la vitesse de 85,3 *km* avec 115 *t*, les 1 600 premiers mètres étant en rampe de 25 *mm*.

Glascow South Western. — Une machine à roues couplées de 2,057 *m*, a remorqué 177 *t* de Carliste à Kilmarnock (147,3 *km*) à la vitesse de 87,5 *km* quoique la ligne présente une longue montée de 48 *km* en rampe de 5 à 6,7 *mm*.

M. Rous joint à sa note le profil de la ligne de Carliste à Perth et la photographie de quatre locomotives du Great Northern, du Great Western, du North Eastern et du Manchester Sheffield and Lincolnshire.

Essais de M. Drummond.

§ 19. — Dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de Londres* (Institution of Civils Engineers) de l'année 1897, on trouve, pages 218 et suivantes, un très volumineux mémoire de M. Dugald Drummond, Ingénieur en chef de la traction du Chemin de fer de London and South Western Railway sur :

1° Les hautes pressions employées pour les locomotives ;

2° Les parties de la machine animées d'un mouvement alternatif ;

3° Les économies réalisées par l'emploi des hautes pressions de vapeur.

Ce mémoire renferme 8 planches de diagrammes, formant un total de 243 figures diagrammes, plus 12 grands tableaux et 4 planches de profils des lignes.

On peut consulter cette très importante et remarquable étude de M. D. Drummond à la bibliothèque de la Société des Ingénieurs Civils de France ; elle est la démonstration la plus évidente des grands avantages que donne la haute pression pour les locomotives. M. Drummond a fait varier la puissance depuis 510 *ch* effectifs jusqu'à celle de 953 *ch*, à des vitesses variant entre 45 *km* à l'heure et celle de 104 *km*. Quant aux pressions, elles ont varié entre celles de 10,500 *kg*, 12,300 *kg* et 14,050 *kg*. Les rampes varient entre 0,03 *mm* et 10 *mm*. Les charges ont varié depuis 4 1/2 véhicules 24 roues, jusqu'à 14 1/2 véhicules 78 roues.

Les conclusions de M. D. Drummond sont que, si on décharge les soupapes de sûreté des compound (1) pour faire tomber graduellement la pression de 14,050 *kg* à 10,50 *kg*, ainsi que celle d'autres locomotives non compound identiques et que si, après, on fait remonter la pression de 10,500 *kg* à 14,050 *kg*, on constate que pour le même profil les dépenses d'eau et de charbon sont les mêmes, toutes choses égales d'ailleurs, soit donc, à même vitesse, à même charge remorquée et à même pression de vapeur dans les boîtes de distribution ; d'où il suit que, par leurs complications, les compound ne font qu'apporter toutes espèces d'inconvénients dans l'exploitation, sans présenter le moindre avantage. Enfin, il conclut en disant, qu'en dehors de tout compoundage, des locomotives ordinaires semblables pour comparaison, voient leur puissance passer avec l'augmentation de la pression de :

9,830 *kg* à 11,240 *kg* de pression à 11 et 13 0/0

et de : 9,830 *kg* à 14,050 *kg* de pression à 31 0/0

(d'économie ou d'augmentation de puissance). Mais, pour bien saisir la valeur pratique du travail de M. Drummond et de ses collaborateurs, il faut lire son mémoire en entier et en bien peser tous les détails.

Abandon des locomotives compound en Angleterre.

§ 20. — A la suite de l'article de M. Ch. Rous Marten qui a été publié par le *Bulletin international des Chemins de fer*, en mars 1897, je dois signaler : 1° l'article de M. N.-P. Pétroff, page 354 de la *Revue Générale des chemins de fer*, n° 6, de décembre 1897 ; 2° l'ar-

(1) A deux cylindres.

ticle du *Génie Civil*, page 417 du 23 avril 1898, et 3° la *Revue industrielle* du 30 avril 1898, n° 18, qui peuvent ainsi se résumer en ce qui concerne le compoundage :

Le Great Western a construit, il y a quatorze ans, deux locomotives compound à cylindres intérieurs, tandem pour le service des voyageurs. Ces machines n'ont pas eu de succès.

Le Great Eastern a complètement abandonné les locomotives compound, depuis plusieurs années.

Le Great Northern n'a jamais eu de locomotives compound et n'a pas l'intention d'en construire.

Le North Eastern est, avec le London and North Western, le chemin de fer anglais qui possède le plus grand nombre de machines compound. M. Worsdell qui a succédé à son frère comme Ingénieur en chef, depuis trois ans, n'en construit plus et a même remis des cylindres ordinaires à des machines qui avaient reçu des cylindres compound. Malgré cela, la Compagnie du North Eastern possède environ 300 locomotives compound qu'il n'est pas question de transformer, quant à présent.

Le Caledonian Railway n'a jamais eu de machines compound et n'a pas l'intention d'en construire.

Le North British a abandonné après un essai peu important, le système compound fait il y a une quinzaine d'années sur une seule locomotive compound.

Le Lancashire et Yorkshire Railway n'a jamais eu de locomotive compound et n'a pas l'intention d'en avoir.

Le London and North Western, dont l'Ingénieur en chef, M. Webb a été l'un des promoteurs des locomotives compound à trois cylindres, en Angleterre, paraît également subir une crise, en ce qui concerne ce genre de machine. M. Webb n'a jamais varié dans ses appréciations, mais il est certain qu'il vient de construire, pour le service des trains express, une machine qui n'est pas compound, ainsi qu'à la suite nous allons le faire remarquer.

La Compagnie du Midland n'a pas de locomotives compound ; M. Johnson, Ingénieur en chef, se prononce nettement contre ce genre de machines.

La Compagnie du London and South Western n'a pas de locomotives compound et n'a pas l'intention d'en construire. M. Drummond, Ingénieur en chef, construit, en ce moment, une locomotive à voyageurs extrêmement puissante, dont la chaudière a des dimensions inusitées, et dans laquelle la production est activée par l'addition, dans le foyer, de 83 tubes de circulation d'eau.

Cette machine a quatre cylindres agissant : deux, sur l'essieu moteur d'avant, et deux sur l'essieu d'arrière sans accouplement. Le foyer, qui est de grandes dimensions, est compris entre les deux essieux moteurs qui, grâce à l'absence de bielle d'accouplement, sont très écartés. M. Drummond estime que les locomotives compound sont condamnées en Angleterre, parce que l'économie de charbon qu'elles permettent de réaliser, est compensée, en grande partie, par des dépenses d'entretien plus considérables, et surtout parce qu'elles manquent de puissance; c'est-à-dire qu'elles démarrent difficilement et perdent du temps en montant les rampes.

D'après M. Drummond, les locomotives compound que le Gouvernement anglais avait envoyées aux Indes, en assez grand nombre, ont été transformées en locomotives ordinaires.

M. Drummond a fait des expériences dans le but de déterminer l'économie résultant d'une augmentation de la pression de la chaudière dans les locomotives non compound (1).

Les essais ont eu lieu sur le Caledonian Railway, entre Carlisle et Edimbourg.

Les machines choisies pour ces essais portaient les nos 76, 77, 78 et 79. Ces machines étaient identiques, excepté la pression de la chaudière qui était de :

14,1 *kg*, pour les locomotives 76 et 79,
12,4 — — 77,
10,6 — — 78.

L'économie de la machine 77 sur la machine 78 a été de 15 0/0
— — 76 — 78 — 31 0/0
— — 76 — 77 — 11,92 0/0.

L'économie résultant de l'augmentation de la pression de la vapeur sans employer le système compound, a été aussi établie en service courant par M. Johnson. En élevant la pression de la chaudière de 9,83 *kg* à 11,24 *kg*, on a réalisé une économie de 11 à 13 0/0.

M. J. Holden, du Great Eastern Railway, a vérifié les résultats obtenus par M. Johnson par le procédé inverse sur les locomotives compound en abaissant la pression de la chaudière de 11,24 *kg* à 9,23 *kg*. L'économie primitive de 12 0/0 est tombée à 2 0/0 et si le cylindre à basse pression de cette machine avait eu 648 *mm*,

(1) Voyez page 218 et suivantes le Bulletin de 1897 de *Institution of Civil Engineers* déjà cité.

de diamètre au lieu de 660 *mm*, ce qui lui eût donné la capacité de deux cylindres non compound auxquels il était comparé, les 2 0/0 qui restaient seraient devenus négatifs.

Pour être d'impartialité absolue je dois dire que dans le numéro du 3 décembre 1897 de l'*Engineering*, page 693 et planche de ce même numéro, on trouve une nouvelle locomotive Woolf, de M. F. W. Webb, le « Black Prince » construite par The London and North Western Railway Company's Works.

Cette machine diffère considérablement de celles du type de M. Webb, à 3 cylindres, car elle ressemble beaucoup aux compound de nos Compagnies françaises, du P.-L.-M., du Nord et du Midi (elle est à 4 cylindres et non plus à 3) avec ses quatre grandes roues motrices, *accouplées* de 7 pieds 1/2 = 2,286 *m* de diamètre. La distribution est du système Joy pour le mouvement, mais comme un groupe d'un petit et d'un grand cylindre font un ensemble Woolf, les deux distributions d'un grand cylindre et d'un petit cylindre peuvent donc comme dans les machines Woolf Farcot (1) avoir un mouvement commun et comme le petit piston arrive à fin de course en même temps que le grand piston, auquel il est associé, arrive au commencement de la sienne, en opposition ; la vapeur d'échappement du petit cylindre passe directement dans le grand, sans perte de charge par un bout de tuyau très court de section réduite à celles des lumières de distribution (2), donc le réservoir intermédiaire est inutile, de plus on n'a seulement que deux mouvements de distribution au lieu de quatre ; en d'autres termes, M. Webb a réalisé dans sa nouvelle locomotive « Black Prince » une application du système Woolf ; il a donc deux paires de cylindres inséparables, où chaque paire forme une unité non divisible. Les tiroirs distributeurs aux petits cylindres sont des pistons se mouvant dans des tables cylindriques comme pour les cylindres à haute pression des machines marines, mais les tiroirs des grands cylindres sont à coquille et table plane.

Les quatre cylindres formant les deux groupes Woolf indépendants se trouvent tous les quatre à l'avant dans les mêmes plans vertical, transversal et horizontal (3).

(1) Ou Boudier frères, de Rouen, type de 1859 horizontale, rigoureusement semblable à la disposition du Black-Prince.

(2) Feu M. Auguste Quernel, notre Collègue, quelque temps avant sa mort, vers 1881 à 1885, nous a fait connaître une machine Pilon Woolf semblable qui marchait très bien, avenue Parmentier à Paris.

(3) Les deux pistons d'un groupe se trouvent en équilibre sur leur longeron puisque leurs manivelles se trouvent sur le même essieu Coudé à 180°.

La boîte à fumée est divisée en deux compartiments qui reçoivent les échappements séparés des deux grands cylindres; de sorte que la boîte à fumée forme deux chambres indépendantes, séparées par une cloison horizontale ; un des compartiments reçoit la moitié des fumées des tubes inférieurs et l'autre des tubes supérieurs; le but de cette disposition serait de faire vaporiser autant aux tubes des rangs inférieurs qu'à ceux des rangs supérieurs ; il y a deux cheminées cylindriques indépendantes, enveloppées extérieurement par une gaine à section elliptique faisant extérieurement cheminée apparente.

La pression du timbre de la chaudière est de 175 livres par pouce carré, soit de 12,30 *kg* par centimètre carré ou de 13 *atm.* La surface totale de chauffe est de 138 m^2 et la surface de la grille est de 1,85 m^2 ; les petits cylindres ont 0,381 *m* de diamètre, les grands 0,495 *m* avec une course commune de 0,610 *m*, le rapport des volumes engendrés est :: 1,00 : 1,688.

Cette locomotive Woolf se trouve, sous tous les rapports, pour ces conditions de marche, ce que peut être une même machine ordinaire a deux cylindres : car ici M. Webb n'a plus l'indépendance des mouvements et la suppression de l'accouplement.

Donc, avec la machine Woolf (j'emploie à dessein ce nom exprès pour la distinguer des compound) M. Webb n'a pas de chute de pression, pour le transvasement du petit cylindre dans le grand, car il se trouve rigoureusement dans les mêmes conditions qu'avec les anciennes machines Woolf à balancier et à parallélogramme ; comme son rapport en volume entre les capacités de ses petits et grands cylindres est très peu considérable :: 1, : 1,688 (1), on voit qu'avec l'admission dans les petits cylindres à 1/3 ou 33 0/0, il n'a encore qu'une détente totale de $\frac{1}{3} \times 1{,}688 = \frac{1}{5} = 0{,}20$ et qu'avec l'introduction au $\frac{1}{5} = 20$ 0/0 ou petit cylindre, il n'a encore qu'une détente totale de $\frac{1}{5} = 1{,}688 = \frac{1}{8{,}44}$ ou un peu moins que 12 0/0.

On voit donc qu'avec les admissions de 1/3 au 1/5 aux petits cylindres, M. Webb obtient une détente totale à 20 0/0 et à 12 0/0, avec des pressions finales à fin de course de piston dans les grands cylindres de 2,6 *atm* = 1,65 *kg* et de 1,529 *atm* = 0,546 *kg* à l'échappement avec bien entendu la pression de 13 *atm* ou de

(1) Et non plus comme dans les véritables compound :: 1, : 2, 47, Cie du Midi (Français).

12,300 *kg* à la chaudière ; cette pression de 0,546 *kg* à l'échappement est donc le minimum auquel on puisse descendre. En principe, le Black Prince doit marcher avec des détentes finales variant entre $\frac{1}{5}$ et $\frac{1}{7}$ = 0,20 et 0,14 pour l'introduction.

C'est ici le cas de se demander quelle nécessité il y a d'avoir recours à deux paires de cylindres groupés de telle façon qu'ils ne puissent faire que le même travail que deux grands cylindres à distribution perfectionnée (à quatre distributeurs) et dans les mêmes conditions d'induction minima au $\frac{1}{7}$ = 14 0/0.

C'est aussi le cas de reconnaître que le Black Prince a le grand avantage sur les compound ordinaires, d'avoir toujours une bonne pression de vapeur sur ses grands pistons à l'introduction, soit celle de 5 *kg* effectifs à celle minimum de 2 *kg*. Mais pour que la marche en Woolf ne donne pas de compression nuisible (ou travail négatif), il faut que l'introduction comme l'échappement des grands cylindres se fassent, comme dans les machines sans détente (1), c'est-à-dire pendant toute la durée des courses, de façon que le transvasement de la vapeur du petit cylindre dans le grand, auquel il est accouplé, se fasse sans résistance et sans arrêt : c'est très probablement ce qu'a réalisé M. Webb ; mais malheureusement la planche de l'*Engineering* du 3 décembre 1887 ne donne pas les détails de construction des mouvements des distributions du Black Prince qu'il y a tout lieu de supposer parfaites, venant d'un Ingénieur aussi distingué que M. Webb (2).

Avec M. L. Durant, j'ai donné une solution au problème de l'indépendance de deux distributions, mises en mouvement par un seul et unique mécanisme, pour que l'une donne à volonté au petit cylindre toutes les variations d'introduction que produit la coulisse, pour la détente variable, alors que l'autre donne la pleine évacuation à ce même petit cylindre et la pleine introduction au grand cylindre comme son échappement continu pendant toute la durée de la course des pistons et pendant telle

(1) Et comme dans toutes les machines Woolf à balancier.

(2) Il faut noter que cette disposition, que j'appelle Woolf, est appliquée depuis plusieurs années par M. Ch. Baudry, Ingénieur en chef des chemins de fer P.-L.-M., et notre savant Collègue se dit très satisfait, sous tous les rapports, à son sujet : il a donc le grand mérite d'avoir collaboré à la création de cette heureuse disposition en 1891.

Pour une machine fixe horizontale, on trouve (Armengaud aîné, *Mécanique théorique et pratique de 1862*, page 75, tome deuxième et planche 33), une semblable disposition, due à MM. Boudier frères, qui ont fait figurer leur machine à l'Exposition de Rouen en 1859 comme machine fixe.

fraction d'introduction (1) de la course du petit piston que l'on voudra; ceci automatiquement au moyen de la coulisse jumelle et d'un releveur mécanique (automatique). *(Voyez le Bulletin de juin 1890 de la Société des Ingénieurs civils de France, Mémoire de A. Lencauchez et L. Durant, § 24 et annexe E. — Examen des types de la P. L. 10, fig. 61 à 69).* — Au moyen de cette disposition, la distribution pour l'introduction au petit cylindre reste celle de la locomotive classique, avec toutes les variations voulues à l'introduction; tandis que la distribution d'échappement du petit cylindre et celle du grand cylindre pour l'introduction comme pour l'échappement restent bien celles de la machine Woolf; c'est-à-dire avec introduction et échappement continus au grand cylindre sans compression, et sans laminage. L'avantage que présente cet arrangement est de mettre les distributions à l'abri de tout déréglement, même de ceux dus au mauvais vouloir, à l'indifférence et à l'inhabilité du personnel, en faisant de la machine une véritable Woolf, donc sans RECEIVER, comme les anciennes Woolf-Farcot.

Triple et quadruple expansion.

§ 21. — Après la double expansion (compound), est venue la triple expansion; certains auteurs ont même été plus loin. A les croire, le nombre des cylindres à transvasement pouvait être de $m + 1$, et la pression à la chaudière de $n^k + 1$; outre les difficultés d'augmenter les pressions au-dessus de 20 *atm* pour une foule de raisons pratiques, il y a aussi le peu d'effet utile à retirer, même théoriquement, des pressions supérieures à 20 *atm* avec détente au $1/40^e$, soit avec une introduction réduite à 2 1/2 0/0 et, bien entendu, avec la condensation donnant un vide pratique de 0,70 *m* de mercure $= 0{,}08$ *atm*; car, en effet, si on prend une machine Woolf avec un rapport de 1 à 4 volumes engendrés (ce qui a été très courant pendant longtemps pour les machines Woolf à balancier des filatures), on voit que si on fait l'introduction au $1/10^e$ dans le petit cylindre (ce qui est très pratique), le transvasement dans le grand donnera la détente au $\frac{1}{10} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{40}$.

M. A. Mallet, dans le Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France, d'octobre 1897, page 512, dit : qu'une machine à quadruple expansion (construite en Amérique pour une filature), de la force ou puissance de 1950 *ch*, a été détruite par un incendie

(1) Pour la détente variable.

au bout de 7 mois de service et que, par suite d'idée d'économie pour sa reconstruction, on a monté une compound d'égale puissance (1 950 *ch*), qui donne aujourd'hui une économie réelle sur son aînée. Mais rien ne prouve qu'une machine monocylindrique avec un cylindre bien enveloppé ou encore une Woolf, avec une bonne circulation de vapeur et avec retour sous pression des purges à la chaudière, *sans déperdition*, n'aurait pas été aussi économique et même plus économique (1) : nous voici donc bien loin du nombre de m cylindres plus un.

Comme les machines à triple et à quadruple expansion manquent d'électricité, on les complique outre mesure : car on les dispose pour que la quadruple expansion passe à la triple et la triple expansion à la double (compound), puis la double à la simple : les tableaux 1 et 2, § 5 et le tableau 5, § 9, font bien voir que, même dans les machines fixes les plus puissantes, on ne retire aucun profit de toutes ces inutiles complications.

Certains auteurs assurent que plus il y aura de cylindres transvaseurs, plus il y aura de cascades et moins chacune d'elles prise en particulier donnera lieu à de grandes différences de température entre l'introduction et l'échappement d'un cylindre à l'autre; c'est la théorie de $m + 1$, cylindres pour éviter la condensation; aussi proposent-ils la suppression des enveloppes ou chemises de vapeur. Cependant, si on réfléchit sur ce sujet, on trouve :

1° Que si la chaudière prime de p, q, r, s ou t 0/0, le nombre de cylindres plus ou moins grand n'y fera rien, la même quantité d'eau arrivera toujours aux petits cylindres.

2° Que si la détente totale est la même, la quantité d'eau condensée théoriquement restera aussi la même, pour un travail donné, une détente donnée et une différence de pression constante entre la chaudière et le condenseur (produisant la même différence de température finale); seulement cette même quantité d'eau, en passant d'un cylindre dans un autre, si lesdits cylindres sont à chemises de vapeur actives, se vaporisera, si ces chemises-enveloppes sont parcourues par un vigoureux courant de vapeur vive à haute pression et plus il y aura de cylindres, plus la surface de chauffe de révaporisation sera considérable, alors les cylindres multiples doivent être considérés comme des vaporisateurs; mais comme ils prennent pour leur vaporisation le calo-

(1) Nous entendons ici plus économique, comme prix de revient du cheval-heure effectif, dans la généralité des cas.

rique à la chaudière, la dépense totale finale restera la même. Si les cylindres multiples sont à chemises-enveloppes parcourues par la vapeur qui travaille dans ces cylindres, la condensation y sera très abondante, son introduction dans lesdits cylindres y produira les plus déplorables effets et s'ils sont sans chemises de vapeur, la condensation arrivera au maximum, puisque ceux-ci cessant d'être des vaporisateurs, deviendront des réfrigérants (1), c'est ce que, du reste, l'examen des tableaux 1, 2 et 5 fait bien voir.

Surchauffe des chemises-enveloppes des cylindres moteurs à vapeur.

§ 22. — Les machines à vapeur peuvent, d'une façon générale, se classer en deux catégories :

1° Celles à condensation et 2° celles sans condensation dites à échappement libre dans l'atmosphère.

Les machines à condensation, pour donner le maximum d'effet utile pratique, doivent pouvoir marcher avec des détentes variant entre elles au $\frac{1}{8} = 12\frac{1}{2}$ 0/0 au minimum et celle de $\frac{1}{16} = 6$ 0/0 au maximum, si elles sont monocylindriques (c'est-à-dire si la détente se produit dans un seul cylindre) ; quant à la pression, elle doit être de 9 *atm* ou de 8 *kg* pour la vapeur qui travaille dans les cylindres et de 12 *kg* pour la vapeur qui circule dans leurs chemises ou enveloppes ; bien entendu, il faut deux chaudières l'une timbrée à 8 *kg* et l'autre à 12 ou 13 *kg*. La vapeur à haute pression, après avoir circulé dans les enveloppes, se rend dans la chaudière à basse pression, avec les purges (l'eau condensée dans les enveloppes) en soulevant dans l'intérieur de celle-ci, une soupape à charge supplémentaire de 4 ou de 5 *kg* ; là, l'eau chaude et la vapeur se séparent sans la moindre déperdition de calorique ; en même temps le cylindre moteur se trouve transformé en un véritable vaporisateur pour une surchauffe de :

$$192° - 175° = 17°$$ à l'introduction et de :
$$192° - 86° = 106°$$ à fin de course du piston.

Il est facile de comprendre que toute l'eau qui pourra arriver ou

(1) Et ces réfrigérants seront d'autant plus actifs qu'ils seront nombreux, c'est-à-dire que leur surface développée sera considérable ; alors, pour combattre la condensation, il faut avoir recours à la vapeur fortement surchauffée, avec toutes ses servitudes et ses inconvénients.

se produire dans un tel cylindre sera rapidement vaporisée au contact de sa paroi et l'effet utile de l'enveloppe sera d'autant plus efficace que la vapeur motrice arrivera bien sèche dans les boîtes de distribution.

Quand on ne peut avoir qu'une seule chaudière, il est possible de réaliser encore la surchauffe des enveloppes au moyen d'un détendeur et d'une pompe spéciale à cet effet (*voir le Mémoire de MM. Durant et Lencauchez, au Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France, de juin 1890, Annexe D pour le Détendeur*), qui fait employer la vapeur dans les cylindres sous pression de 4 à 5 *kg* au-dessous de celle où elle est prise dans la chaudière (*pl. 9, fig. 38, 39 et 40 du même Bulletin et Annexe C, fig. 8*). La pompe alimentaire et de purge combinée, rétrograde à la chaudière la purge des enveloppes avec un excès de vapeur qui porte l'alimentation à la température de la chaudière. Au moyen de ces deux appareils, on obtient la surchauffe des enveloppes avec une circulation très active, aussi bien qu'avec deux chaudières, où celle à haute pression déverse sa vapeur dans celle à basse pression en purgeant les enveloppes après avoir réchauffé très fortement le ou les cylindres moteurs de la machine.

Ici, c'est la pompe spéciale *combinée* Annexe C (fig. 8 du Bulletin ci-dessus cité), qui provoque une énergique circulation en forçant 13 0/0 de la vapeur totale à traverser les chemises-enveloppes (1) qu'elle rétrograde sans déperdition à la chaudière avec l'alimentation et la purge (vapeur qui s'est condensée) des enveloppes ou chemises actives de vapeur.

Si l'on veut encore pousser plus loin l'économie, il faut arriver aux pressions de 14 à 15 *kg* avec la condensation et faire la détente au $\frac{1}{25} = 4\ 0/0$. — Mais pour produire une aussi grande détente, soit celle à 24/25 d'expansion, le transvasement Woolf s'impose avec deux cylindres et avec le rapport du volume de petit cylindre au grand :: 1 : 3. Bien entendu il faut la circulation comme ci-dessus, car sa nécessité est encore plus impérieuse, avec de telles chutes de pressions et de températures. L'économie théorique est de 9 0/0 pour un accroissement de pression de 8 *kg* à 14 *kg* et un accroissement de détente de 1/16 à 1/25 ;

(1) En effet l'eau d'alimentation est relativement froide, même quand elle arrive d'un réchauffeur (d'eau d'alimentation à 100°). Vu que la vapeur sous charge de la chaudière est à 192°, c'est ce qui fait que la pompe combinée remplit le rôle d'injecteur condenseur à la température et à la pression de la chaudière. Planche 8, figures 26 à 30, même Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France.

quant à la vapeur de circulation, pour le bien, elle devra être à la pression de 18 *kg* à 20 *kg* pour avoir encore un excès de température de 15° sur la vapeur motrice à l'introduction dans le petit cylindre. Si, dans la pratique, on peut obtenir de ces 9 0/0, la moitié en rendement (travail) mesuré sur l'arbre de couche de la machine, on devra s'estimer très heureux ; or on est en droit de se demander, s'il est réellement économique, de faire marcher une machine sous de telles pressions, réclamant une nouvelle augmentation de mise de fond de premier établissement qu'il sera probablement impossible de rémunérer commercialement, avec une économie de combustible de $\frac{9}{2} = 4, \frac{1}{2}$ 0/0.

Pour la seconde catégorie de machines, soit pour celles sans condensations donc échappant sous la pression 760 = 1 *atm* ; si l'on admet que la détente au 1/8 (1) pour une marche réellement pratique et économique doit être considérée un maximum d'introduction, on reconnaît que pour avoir à fin de course de piston une charge utile de $\frac{1}{2}$ *kg* ou de $\frac{1}{2}$ *atm*, il faudrait admettre la pression de : 1,5 *atm* $\times$ 8 = 12 *atm*, et, comme il y a toujours des pertes de charges pour faire passer la vapeur de la chaudière dans les boîtes de distribution et de celles-ci dans les cylindres, il faut admettre le timbre 13, ou 14 *atm*, soit de 13 *kg* qui s'impose. Comme les distributions Corliss sans déclic donnent très bien l'introduction au 1/8, on voit donc qu'il faudrait arriver à de beaucoup plus grandes détentes, telles que celles au 1/10 ou au 1/12 pour justifier le compoundage. Mais seulement avec la détente au 1/10 et avec deux cylindres pour le transvasement compound on arrive déjà à de trop grandes pressions aux chaudières, que du reste rien n'impose comme une absolue nécessité : aussi en comptant sur 1,3 *atm* = 0,3 *kg* quand le grand piston sera à fin de course et en comptant sur la perte de charge de 0,3 *atm* pour le transvasement du petit cylindre dans le grand, il faut aux chaudières la pression de :

$$(1{,}3\ atm + 0{,}3\ atm) \times 10 = 16\ atm,$$

auxquelles pour les pertes de charges et les brusques changements des pressions dus à des variations de température peu considérables (car avec 5° à 6° on passe de la tension de 16 *atm* à

(1) Nous ferons remarquer que dans ce mémoire, c'est toujours en volumes que nous comptons les détentes.

18 *atm*), il faut faire timbrer les chaudières à 18 *atm*, au moins pour marcher à 16 *atm*, soit donc à 17 ou 18 *kg* pour plus de sécurité (1). Si donc on trouve que la détente au 1/8 est bien suffisante avec la pression de timbre aux chaudières de 13 *kg*, on est en droit de se demander à quoi peut servir le compoundage dans les machines à vapeur sans condensation.

Ce n'est pas tout, la vapeur à 13 *kg* ou à 13,56 *atm* est à la température de 194° ; si l'on voulait surchauffer les enveloppes des cylindres d'une machine compound de seulement 10°, on aurait la température de 204° et la pression de 16,7 *atm* = 16,230 *kg* ; ce qui est une limite extrême dans l'état actuel de nos moyens de construction, car une variation de température à ces hautes tensions, donne pour 5° seulement, un accroissement de pression de 2 *kg*. Mais les très hautes pressions ont de plus le grand inconvénient de donner lieu à de très abondantes condensations pour de très petits écarts de température, le rapport entre le calorique total et le calorique latent devenant de plus en plus grand au fur et à mesure que la température augmente ; ainsi à 100°, et à : 1 *atm* = 0 *kg*, le calorique total de 1 *kg* de vapeur est de 637 calories et son calorique latent est 536,5 calories, on a donc le rapport :: 1 : 1,186.

Mais sous pression de 19 *atm*, la température est de 210° et le calorique total de 1 *kg* de vapeur est de 670 calories, alors que le calorique latent n'est plus que de 457 calories et le rapport devient : : 1 : 1,466.

Il faut une perte de 536 calories à la pression de 1 *atm* pour condenser 1 *kg* de vapeur d'eau et seulement une perte de 457 calories pour le condenseur sous pression de 19 *atm* à 210°, c'est-à-dire que la condensation à 19 *atm* réclame 536 calories — 457 calories = 79 calories en moins, par kilogramme de vapeur (2).

Aussi, tous les tableaux de consommation de calorique par heure et par cheval effectif, renfermés dans ce mémoire, prouvent-ils qu'il est inutile de dépasser la pression de 8 *kg* pour la vapeur qui travaille dans les cylindres des machines à condensation et

(1) N. B. — Il faut augmenter le timbre de 2 à 3 *kg* au-dessus de la pression normale de marche, pour éviter de continuelles pertes de vapeur par le soulèvement des soupapes de sûreté.

(2) Dans les cylindres des machines à vapeur, il faut considérer la vapeur comme un gaz à son point critique, se condensant avec de très faibles variations de température et avec de grandes pertes de travail moteur.

celle de 13 *kg* pour les machines sans condensation, dites à échappement libre.

Pour les locomotives il faut remarquer que la détente au 1/8 réclame une plus haute pression ; car, si on admet que la pression effective sur les pistons à fin de course doit être encore de 0,5 *atm* un de 1/2 *kg* et si, de plus, on admet aussi que l'échappement variable réclame une contre-pression de 0,333 *atm* ou de 1/3 *kg* ou pression moyenne pour l'entrainement des fumées par la cheminée faisant éjecteur, on trouve qu'il faut pour l'admission au 1/8 sur les pistons la pression de :

$$(1\ atm + 0{,}500\ atm + 0{,}333\ atm) \times 8 = 14\frac{2}{3}\ atm,$$

et pour compenser les pertes de charges de la chaudière aux pistons, il faut ajouter 1 *atm* au moins et il s'ensuit donc que la chaudière doit être timbrée au minimum à la pression de :

$$14\frac{2}{3}\ atm + 1\ atm = 15\frac{2}{3}\ atm = 15{,}2\ kg$$

qui est déjà une forte pression à laquelle encore peu de compound sont timbrées : ce qui prouve, bien entendu, que le compoundage n'est pas indispensable pour obtenir une bonne utilisation de la vapeur avec les machines sans condensation et avec les locomotives en particulier, alors que pratiquement il est inutile de réduire les admissions au-dessous de 1/8.

Chemise enveloppe de vapeur pour les machines sans condensation.

§ 23. — Les enveloppes ou chemises de vapeur ne sont généralement pas employées pour les machines sans condensation ; les expériences faites au chemin de fer d'Orléans, en 1885, ont fait voir que, pour des introductions de 18 à 40 0/0 ou de 20 à 42 en volumes, les enveloppes n'ont donné qu'une économie moyenne de 2,7 0/0 et pour les admissions de 16 à 38 0/0 et de 18 à 39 0/0 ; celle de 3,4 0/0, sous les pressions à l'admission de 8 *kg* à 9 *kg*. En général, l'économie moyenne a été de 3 0/0 pour une longue série d'observations.

Il est probable que, pour des admissions moyennes à 12 0/0 sous pression de 12 *kg*, l'économie aurait été de 7 0/0 qui se serait élevée à 10 0/0 si la vapeur de circulation eût été sous pression

de 16 *kg*, et à une température de 12° au-dessus de celle qui travaillait dans les cylindres à son introduction dans ceux-ci. Mais, comme ce que je dis ici, n'est qu'une probabilité, je ne puis donner ces 10 0/0 que comme mon opinion ; opinion d'autant plus fondée qu'à hautes pressions on arrive avec la même détente (ici au 1/8) sensiblement aux mêmes différences de températures et, par suite, à la même activité vaporisatrice de la part des enveloppes, qui doivent donner la même économie que dans les machines à condensation, pour une même détente finale : ce que, du reste, M. Délafond, Ingénieur en chef des Mines, a démontré, en 1884, sur une remarquable Corliss du Creusot. (On peut consulter, à ce sujet et avec fruit, le savant mémoire de M. Délafond, que l'on trouve au *Bulletin des Annales des Mines* de septembre et octobre 1884.)

Inutilité de la condensation dans certains cas.

§ 24. — Dans son très intéressant travail, M. Delafond fait voir qu'une machine genre Corliss, *à enveloppe de vapeur* à moyenne pression 7,760 *kg* et à grande détente, ne dépense par heure et par cheval effectif que :

$$10{,}740\ kg - 9{,}270\ kg = 1{,}470\ kg.$$

de vapeur en moins que, quand elle marche sans condensation; (10,740 *kg* étant la dépense de vapeur par heure et par cheval effectif sans condensation, l'eau d'alimentation étant prise à + 20° et 9,270 *kg* étant la dépense avec condensation). Cet excédent de dépense de 1,470 *kg* pour la marche sans condensation n'est donc qu'un excédent de consommation de vapeur de :

$$\frac{1{,}470 \times 100}{9{,}270\ kg} = 15{,}85,$$

soit, si l'on veut, 16 0/0.

Mais l'alimention à l'eau chauffée à 100° et introduite à 97° à la chaudière donne une économie de 16 0/0, ce que les essais du chemin de fer d'Orléans, en 1883 et 1885, ont bien démontré. Donc, pour une marche comme celle du Creusot, sous pression effective de 7,760 *kg*, on n'a dépensé sans condensation que 16 0/0 de vapeur en excédent, qui sont économisés ou mieux récupérés par l'alimentation à 97° à la chaudière : on voit que, sous cette

moyenne pression de 7,760 *kg*, il n'y a aucune économie et aucune raison pour marcher à condensation

$$+16 - 16 = 0.$$

Si au lieu de faire fonctionner la Corliss du Creusot de 1884, sans condensation, sous pression de 7,760 *kg*, on l'eût fait marcher à 11 *kg* 2/3 avec détente au 1/8 et non pas au 1/5, il est probable qu'avec l'alimentation à l'eau chaude à 97°, on aurait réalisé une économie de 12 0/0 sur la marche à condensation ; ce qui prouve que cette complication est très souvent onéreuse pour les grandes puissances de 2 000 *ch* par exemple, réclamant par heure le volume d'eau d'un petite rivière, soit de 2 000 *ch* $\times$ 350 *l* = 700 m^3 qui sont très souvent impossibles à trouver et toujours très coûteux quand on peut se les procurer.

Ces réchauffeurs d'eau d'alimentation, montés aujourd'hui de tous côtés et faisant fonction d'épurateurs, rendent de très grands services, car sur 10 *kg* de vapeur consommés par cheval-heure effectif, 2 *kg* peuvent être récupérés dans le réchauffeur, ce qui fait qu'avec 8 *l* ou 8 *kg* d'eau vierge, par heure, on peut assurer le service d'un cheval-heure effectif et non plus avec 350 *l*, comme avec la condensation ; donc la consommation d'eau est 44 fois plus petite avec la marche à échappement libre.

Alimentation des chaudières à 100°.

§ 25. — Pour le cas des machines fixes marchant entre 45 et 150 tours de manivelle par minute, l'alimentation à 97° des chaudières des machines sans condensation, ne peut plus se discuter : depuis quinze ans, le chemin de fer d'Orléans a 32 locomotives alimentées à l'eau chaude à 97°, qui n'ont pas révélé le plus petit inconvénient, tant que la vitesse n'a pas dépassé 150 tours de manivelle par minute ; au-dessus de cette vitesse, les pompes alimentaires voient leur rendement en débit diminuer et tomber à rien à 200 tours.

Mais, à part cette difficulté, d'assurer à grande vitesse l'alimentation à l'eau chaude d'une locomotive (1), qui n'est plus un obstacle aujourd'hui, cette alimentation n'a donné que de très bons effets sous tous les rapports, avec une économie de 15 à 16 0/0. Depuis quinze ans, l'efficacité de l'alimentation à l'eau chaude à 97° des chaudières des machines fixes sans condensation, ne peut

(1) Chose sur laquelle nous reviendrons plus loin.

plus être contestée car, avec la haute pression et la grande détente, ces machines peuvent être rendues aussi économiques que celles à condensation, construites sur les données les plus savantes.

J'ai déjà fait remarquer, dans de précédentes communications, que le maximum économique peut être obtenu dans l'installation des grandes puissances, par un groupement où les 4/5 d'une force motrice (80 0/0), sont à condensation et où le 1/5 (soit 20 0/0), est à échappement libre (à 1 *atm* = 760), dans un réchauffeur-épurateur d'eau d'alimentation à 100°, de façon à alimenter à 97° les chaudières de tout le groupe, soit donc celles des machines à condensation, aussi bien que celles de machines sans condensation : en effet, il faut moins que le 1/5 d'un poids de vapeur donné pour porter un d'eau pris à 0° à 100° ; et un d'eau pris à + 15° est porté à 100° par le sixième (1/6) de son poids de vapeur, dans un réchauffeur (1). Donc, avec 1/5 de la puissance à échappement libre à 760, on peut alimenter largement à 97° et avec excès de vapeur, la totalité des chaudières d'une puissance mécanique à vapeur, où les 4/5 de cette puissance sont à condensation, en réalisant encore une économie de $\frac{100° - 30°}{(660° - 30°) \times 100} = 11{,}111$, soit 10 0/0 en bonne pratique industrielle, en admettant que l'on aurait alimenté les chaudières avec l'eau de condensation à 30°, chose souvent très mauvaise, par suite des savons calcaires qu'elle produit et qui force à alimenter à l'eau froide à 15° en moyenne. On voit donc que l'on a ici et avec la plus grande simplicité, sans aucun frais supplémentaire de premier établissement ; le moyen de faire une économie de 10 0/0 sur les machines les plus savamment construites pour la condensation. Or, l'examen des tableaux 1, 2, § 5 et 5, § 9, fait voir que ce n'est ni le compoundage, ni la vapeur surchauffée qui ont jamais produit une aussi grande économie, malgré les très considérables frais de première installation qu'ils réclament. Or, cette économie de 10 0/0 peut aussi bien se réaliser, sur les machines à vapeur surchauffée, compound, triplex et à quadruple expansion, quand on se trouve en présence d'installations existantes.

(1) $(100° - 15°) \times 6 = 510$ cal. $< 536 \times \frac{7}{6} = 625$ calories.

De l'utilité du transvasement dans certains cas.

§ 26. — Pour les machines à petite vitesse de rotation 20, 30, 40 et 50 tours de manivelle par minute pour élévation d'eau, machines soufflantes des hauts fourneaux, machines soufflantes de Bessemer où le travail, la puissance et la résistance sont constantes, les machines compound à double, à triple et à quadruple expansion peuvent s'employer avec succès, car ces machines marchant toujours dans les mêmes conditions n'ont pas besoin d'élasticité, c'est-à-dire de changement dans les conditions de marche pour lesquelles elles ont été calculées et établies, chaque cylindre faisant toujours la même quantité de travail que son voisin ou que ses voisins : mais, dans la pratique, on trouve encore un grand avantage à adopter ce genre de machine ; en effet, si on a besoin de 2, 3 ou 4 pistons à eau ou à vent, attelés pour l'action directe à leurs pistons moteurs à vapeur ; il est tout naturel, pour régulariser les pressions de vent ou d'eau et de vapeur sur les pistons attelés, d'avoir recours au transvasement, soit au compoundage ; de plus, si on voulait prendre le système Woolf dit tandem, on aurait trois cylindres superposés, qui donneraient en hauteur ou en longueur des dimensions démesurées et des démontages compliqués et lents, malgré les ponts roulants les plus complets et autres appareils de levage, ou il faudrait revenir à l'ancienne disposition Woolf à balancier, qui n'a qu'un seul défaut, qui est celui d'être beaucoup trop coûteux de premiers frais d'établissement. De même pour la marine de guerre, on ne peut admettre les cylindres superposés sans les exposer au feu de l'ennemi et, du reste, le travail de l'hélice est peu variable, de sorte que, pour toutes ces raisons, les systèmes compound et à triple expansion s'imposent puisque l'on a toujours trois manivelles à 120°. Quant à la quadruple expansion, je n'en puis comprendre la moindre utilité, elle ne peut qu'avoir beaucoup d'inconvénients sans qualité et son existence n'est probablement due qu'en un engouement exagéré pour le transvasement.

Mais, quand une machine fonctionne à grande vitesse, soit à 120, 180, 240 et 300 tours de manivelle par minute, soit donc avec 4, 6, 8 et 10 courses de piston par seconde, on voit que les pièces soumises au mouvement alternatif sont animées d'une grande vitesse et que leur masse fait accumulateur régulateur : dans ces conditions, la pression de la vapeur sur les pistons ne se transforme pas en pression équivalente sur les tourillons des mani-

velles, l'inertie des pièces (pistons, tiges et bielles), s'y opposant, puis, après, quand la vitesse se réduit, le milieu de course étant dépassé, il y a restitution du travail accumulé pendant la première partie de la course : de plus, pour éviter les à-coups et secousses à grande vitesse, on dispose les distributions pour faire de la compression, de telle façon que la vapeur, en se comprimant, fasse amortisseur et arrive sensiblement à la pression de la boîte de distribution au moment où l'introduction anticipée va se produire (1) ; de telle façon que l'admission se fasse sans choc. Comme il est facile de se l'expliquer, la régularité des pressions comme dans les machines Woolf ou compound à petite vitesse, ne présente plus ici le moindre intérêt et le compoundage ne s'impose nullement, pour aucune raison, *sauf une seule qui, si elle avait quelques valeurs il y a dix ans, n'en a plus aujourd'hui et qui est celle-ci (bien entendu pour les machines à grande vitesse et à changement de marche par la coulisse ou ses dérivés)*. « Si, disaient les partisans du » système compound, pour les locomotives, vous voulez faire de » grandes détentes avec la distribution à coulisse de changement » de marche ou dérivée, vous avez un laminage considérable de » la vapeur avec une perte de charge telle que la détente devient » illusoire, de plus, l'échappement commence lorsque le piston » est à milieu de course, anticipation que rien ne justifie ; ce » n'est pas tout, l'échappement pendant la partie de la course » où il doit se produire, éprouve une grande résistance par suite » de la faible section d'écoulement que lui donne le tiroir et, » d'un autre côté, la compression commence beaucoup trop tôt » et devient telle, malgré des espaces nuisibles de 10 à 12 0/0 » que les tiroirs sont soulevés, en donnant lieu à un travail né- » gatif considérable, vu que ce n'est qu'une très faible part de la » compression qui est restituée en travail positif ; en outre, ces » laminages de la vapeur à l'entrée comme à sa sortie des cylin- » dres, s'opposent à la grande vitesse de marche. Donc, si nous » voulons rendre économique le fonctionnement d'une locomo- » tive, nous ne devons pas réduire l'admission au-dessous du 1/3 » ou 1/4 de la course des pistons, car, avec ces fortes admissions, » la distribution donnée par le tiroir à coquille et la coulisse est » parfaite ; mais, pour la rendre économique, avec le même sys- » tème de distribution, nous transvasons l'échappement du pre-

(1) Bien entendu à la condition de n'avoir que des espaces nuisibles réduits au minimum, pour réduire aussi au minimum le travail de la compression, qui n'est que très imparfaitement restitué, avec perte de 30 °/₀ dans les conditions les plus favorables.

» mier cylindre, le petit, dans un plus grand où la vapeur se dé-
» tendra ; au moyen de ce transvasement avec de fortes admis-
» sions dans les grands et petits cylindres, nous n'avons plus de
» laminage de pertes de charge et de grandes compressions,
» soulevant les tiroirs, si notre combinaison des deux distribu-
» tions des grands et petits cylindres est bien faite ; car, avec le
» rapport en volume de ($d = 0{,}35\ m$ et $D = 0{,}55\ m$ Cie du Midi)
» on a en volume 1,00 v est à 2,47 v; avec l'introduction au 1/3
» dans le petit cylindre, nous aurons une détente finale à
» $\frac{1}{3} \times \frac{1{,}00}{2{,}47} = \frac{1{,}00}{7{,}41}$ et, avec l'introduction au 1/4, la détente
» à $\frac{1}{4} \times \frac{1{,}00}{2{,}47} = \frac{1{,}00}{9{,}88}$, soit des détentes entre 14 et 10 0/0 en
» volume; avec l'admission à 50 0/0 au petit cylindre, nous
» avons encore une détente finale à 20 0/0, détente par excel-
» lence pour des machines sans condensation.

Ce raisonnement est parfaitement logique et vrai, à la condition d'admettre très arbitrairement que les locomotives n'ont et n'auront jamais d'autres distributions, que celles que l'on connaissait avant 1888.

Tout d'abord, comme on n'avait pas donné à l'origine, aux locomotives compound, d'augmentation de pression, elles ne se firent remarquer que par leur grande médiocrité : mais le besoin général d'augmenter la puissance des locomotives, eut pour résultat, de tout pousser dans leur construction, à tous les accroissements possibles, en production de vapeur par heure par mètre carré de surface de chauffe, en augmentant les surfaces de grille et en réduisant les résistances à l'échappement; puis on a élevé la pression du timbre de 9 *kg* à 10 et 11 *kg*, de 12 *kg*, à 14 *kg* et enfin à 15 *kg*; par tous ces moyens et tous ces perfectionnements, on est arrivé à produire depuis 30 jusqu'à 40 0/0 plus de vapeur qu'anciennement, soit, 10 000 et 11 000 *kg* au lieu de 7 à 8 000 *kg* par heure sous la pression de 14 à 15 *kg* et non plus de 9 à 10 *kg*; de là le grand succès apparent des compound dans l'Industrie des Chemins de fer.

Je ne m'étais donc pas trompé en 1890 (voir le *Bulletin* d'août de la Société des Ingénieurs Civils de France), en disant que les locomotives compound ne rendraient qu'un service aux chemins de fer et que ce service serait celui de faire pousser le timbre des chaudières jusqu'à 15 et 16 *kg*, ce à quoi petit à petit on est arrivé. Mais, en Angleterre, on a aussi augmenté la pression de

marche des locomotives ordinaires et on est arrivé à réaliser, (ainsi qu'on l'a vu plus haut) sous pression de 14 *kg*, l'économie de 31 0/0 sur la marche à 9,83 *kg* et sans le compoundage : donc j'avais aussi raison, en août 1890, en disant que le compoundage était une mode et que cette mode se passerait comme tant d'autres ; ce que du reste on a aussi vu plus haut, § 18, 19 et 20 ; mais, il faut noter ici, que ces 31 0/0, ont été donnés par la distribution ordinaire à tiroir à coquille, qui a produit un fort laminage ; mais, comme la pression utile sur les pistons n'a pas besoin de dépasser 12,66 *kg*, on conçoit qu'une perte de charge de la chaudière aux pistons, 14 *kg* — 12,66 *kg* = 1,34 *kg*, est plus que suffisante pour compenser le laminage et donner encore sur les pistons, au commencement de la période de détente, la pression de :

$$14\ kg - 1,34\ kg = 12,66\ kg ;$$

comme l'accroissement de pression ne coûte rien à obtenir, on conçoit les bons résultats donnés par l'introduction à haute pression qui permet les grandes détentes ; mais il n'en est plus de même pour l'échappement et pour la compression, qui deviennent beaucoup trop considérables. Malgré cette imperfection, les Ingénieurs anglais n'ont trouvé aucune supériorité aux compound à égalité dans les hautes pressions entre 12 et 14 *kg*. N'est-ce pas ici l'occasion de faire remarquer, que si la distribution Corliss, sans déclic, du Chemin de fer d'Orléans a donné, toutes choses égales d'ailleurs, avec une économie de 11 0/0 sous pression de timbre de 10 *kg* pour une marche courante moyenne et pratique à 9,5 *kg* ; cette distribution saura donner sûrement une économie de 15 à 16 0/0 à grande détente (avec admission au 1/8) et avec une pression à la chaudière de 13,5 *kg* à 14 *kg* ; d'où il suit que si les locomotives compound ne font aucune économie sur les locomotives ordinaires également à haute pression (14 à 15 *kg*) ; à cette haute pression, la distribution Corliss d'Orléans, réaliserait facilement l'économie de 15 0/0 sur les compound les plus perfectionnées. J'insiste fortement sur ce point, parce que sous la pression d'idées admises, sans examen, beaucoup d'Ingénieurs sont encore disposés à croire, ainsi qu'ils l'entendent dire, avec assurance et conviction, par un certain nombre de leurs Collègues, que seul le compoundage permet d'améliorer le rendement économique des locomotives, alors qu'en réalité il n'en est rien et que c'est du côté de la distribution et de l'alimentation à 97° (par le réchauffeur à 100°), qu'il faut chercher les vrais perfectionnements et améliorations pratiques et économiques.

Alimentation des locomotives à l'eau chaude à 98°.

§ 27. — Nous avons passé en revue tous les points principaux sur lesquels peuvent encore porter des études en vue d'améliorer le rendement économique des machines à vapeur: haute pression, surchauffe, enveloppe de vapeur (chemise), condensation, réchauffage à 100° de l'eau d'alimentation et distribution.

Sur ces points, nous n'avons plus rien à dire, si ce n'est sur celui de l'alimentation à l'eau chaude à 100°, des machines à grande vitesse et principalement des locomotives: au § 25, nous avons vu qu'il est très difficile de faire bien fonctionner des pompes alimentaires à grande vitesse, si elles doivent aspirer sous la pression atmosphérique (760) de l'eau, à la température de 100°. (A ce sujet, on peut voir notre mémoire de juin 1890 à la Société des Ingénieurs Civils de France).

Pour les cas des machines fixes, on peut toujours réduire la vitesse des pompes alimentaires par des engrenages, de façon à ne faire fonctionner ces pompes qu'à la vitesse de 120 tours de manivelle par minute, et de plus, on peut toujours mettre en charge l'eau chaude à 100° du réchauffeur, qui peut avoir sous les clapets d'aspiration, la pression d'une colonne d'eau chaude de 3, 4 et 5 *m* pour soulever ceux-ci: de sorte que, sous cette charge dans les corps de pompe, l'eau à 100° ne peut pas donner de vapeur; donc l'alimentation à l'eau chaude à 100°, ne présente aucune difficulté pour les machines fixes.

Mais il n'en est pas de même pour les locomotives où la charge sous les clapets d'aspiration ne peut pas dépasser 1,80 *m* à 2 *m* et où la vitesse de rotation des manivelles dépasse souvent 150 tours par minute, vitesse au-dessous de laquelle il faut toujours se tenir pour assurer, avec une sécurité absolue, l'alimentation à l'eau chaude.

Comme nous l'avons vu au § 25, la vitesse de rotation peut arriver à 200 tours par minute; c'est cette difficulté d'alimentation à grande vitesse qui, depuis dix ans, n'a pas permis à la Compagnie d'Orléans d'augmenter les applications du réchauffeur, dont l'efficacité devient de moins en moins bonne au fur et à mesure que l'on augmente la vitesse de marche. Les pompes refusent le refoulement de l'eau chaude dès que l'on dépasse certaines vitesses supérieures à 170 et 180 tours par minute, quoique certaines pompes ne lâchent pas encore à 210 tours,

Cependant, les essais de 1883 et 1885 au chemin de fer d'Orléans, surtout ceux d'août et septembre 1885, ont bien démontré combien serait grand l'avantage qu'il y aurait de pouvoir alimenter les locomotives à 97° de température d'eau à l'introduction dans leurs chaudières. Le tableau 11, § 17, fait voir qu'aucune locomotive, du moins à notre connaissance, ait jamais pu avoir, jusqu'ici, une marche aussi économique, que celles alimentées à 97°, ce qui prouve le grand intérêt qu'il y aurait à alimenter les locomotives à grande vitesse, à l'eau chaude à cette température.

Les moyens pour réaliser cette alimentation à l'eau chaude semblent nombreux :

1° On pourrait employer un pignon et un engrenage pour réduire la vitesse de rotation à moitié de celle des roues motrices.

2° On pourrait faire usage d'une chaîne perfectionnée comme celles employées pour les automobiles.

3° On pourrait employer deux dynamos, l'une génératrice à grande vitesse et l'autre réceptrice à petite vitesse.

4° D'autres combinaisons sont encore possibles.

Mais, tous ces moyens ne sont pas appréciés et ne rencontrent que des adversaires dans le personnel des chemins de fer.

Dès 1884-85, j'avais reconnu l'impossibilité de faire fonctionner les pompes à grande vitesse et j'avais étudié un réducteur de vitesse, comme j'avais fait en 1868-69 pour les excavateurs de terrassement, mais, le peu de succès qu'avait eu l'application des engrenages dans les locomotives a fait que jusque dans ces derniers temps, je n'avais pas parlé de mon réducteur de vitesse, craignant me rendre ridicule. Mais comme aujourd'hui ce réducteur est très répandu, principalement en Amérique, sur les locomotives électriques, je crois pouvoir le faire connaître ici, car si sur une locomotive électrique cet appareil transmet la force de 150 *ch*, je crois qu'il peut présenter toute sécurité pour ne recevoir et ne communiquer que la force ou le travail de 15 à 16 *ch* aux plus grandes vitesses, que pourront jamais prendre les locomotives à vapeur.

Comme le réchauffeur d'eau d'alimentation des locomotives du chemin de fer d'Orléans a toujours bien fonctionné depuis 1881, il est inutile d'en reproduire ici la description et les dessins, qui se trouvent au *Bulletin* de juin 1890 de la Société des Ingénieurs civils de France, planche 8, figure 7 à 30 et planche 9, figure 31 à 34, avec tous les détails de construction ; le texte renferme de plus

les résultats obtenus dans les divers essais comparatifs faits avec cet appareil et donne les économies d'eau et de combustible que produit l'alimentation aux chaudières entre les températures de 94° et 98°.

Donc ici, nous n'avons qu'à faire connaître le réducteur de vitesse du mouvement des pompes, que nous proposons pour assurer l'alimentation à l'eau chaude aux plus grandes vitesses de marche. Comme je l'ai déjà dit, ce réducteur est très répandu pour la transmission du travail des dynamos réceptrices aux roues des locomotives électriques. Il se compose, planche 209, figure 11 et 12, d'un organe intermédiaire de commande qui doit se trouver entre l'un des essieux de la locomotive et les bielles des pompes, il ne peut être fixé d'une façon rigide au châssis de la locomotive, car sa destruction serait rapide, étant donné que le châssis, contrairement aux essieux, n'est pas soumis à l'action des ressorts de suspension ; donc, il faut que cet organe de diminution de vitesse conserve toujours la même distance et la même position relative par rapport à l'essieu avec parallélisme absolu des arbre et essieu.

C'est en vue de remédier à cet inconvénient, que j'ai imaginé pour les excavateurs, en 1869, la disposition décrite ci-dessous, grâce à laquelle l'organe destiné à diminuer la vitesse des pompes reste constamment en contact avec l'un des essieux de la locomotive, et se trouve soumis, comme lui, aux mêmes mouvements d'oscillation produits par la marche.

La figure 11, planche 209, est une vue en coupe longitudinale d'une partie de la locomotive sur laquelle est représentée la disposition mécanique de l'ensemble du mouvement des pompes.

Le figure 12, planche 209, en est la vue en plan.

Sur l'un des essieux moteurs, K par exemple, est monté un pignon M qui engrène avec une roue C, de plus grand diamètre calée sur un arbre ou axe D, qui transmet directement son mouvement aux manivelles E, E', des pompes P, P', qui sont, l'une, la pompe à eau froide refoulant au réchauffeur d'eau d'alimentation, et l'autre, la pompe à eau chaude, prenant ladite eau chaude au réchauffeur, pour la refouler dans la chaudière.

L'arbre D sur lequel est montée la roue C, s'appuie sur deux paliers B B faisant corps avec un cadre châssis AA qui est relié, d'une part, par deux colliers LL à l'essieu moteur K et, d'autre part, au châssis de la locomotive par un système de joint genre Cardan, GF, dont le socle est porté par le ressort H dont les os-

cillations correspondent à celles de l'essieu moteur K. — Ce ressort amortit les trépidations et les chocs. — En GF se trouvent une glissière et une rotule. La glissière permet au cadre-châssis A de suivre le déplacement de l'essieu moteur K lorsque ce dernier s'élève ou s'abaisse. — Grâce à la rotule, les deux branches du cadre-châssis A peuvent se trouver dans des plans horizontaux différents, lorsque, comme dans les courbes, par exemple, l'essieu moteur K s'incline.

Grâce à cette disposition, comme on le comprend aisément, quelles que soient les oscillations de l'essieu moteur en cours de route, l'arbre D restera constamment parallèle à cet essieu et les deux roues M et C conserveront par suite leurs positions respectives l'une par rapport à l'autre, de telle sorte qu'il n'y aura aucun à-coup dans la commande, la roue C transmettant d'une façon continue et régulière le mouvement aux bielles E et E′ de commandes des pompes.

Comme il est facile de le voir, avec des engrenages et pignons en acier, comme on les fait aujourd'hui, à chevrons et bien taillés avec précision, il est permis d'aborder les plus grandes vitesses de mouvement des pièces de locomotives à vapeur, bien inférieures à celles des locomotives électriques, qui marchent de la façon la plus satisfaisante en transmettant des efforts dix fois plus considérables : donc avec cette nouvelle disposition de commandes des pompes, qui permet de réduire à des vitesses inférieures à 120 tours par minute, la rotation des manivelles des plongeurs des pompes, l'alimentation à l'eau chaude est assurée sans le moindre inconvénient.

Un des grands avantages de l'alimentation à la pompe, c'est de l'avoir toujours proportionnée à la consommation ou vaporisation, en ouvrant plus ou moins à volonté le clapet (*à ouvertures progressives, fig. 22 à 25, pl. 8, Bulletin de juin 1890, déjà cité*) de prise d'eau au tender ; ce qui permet de marcher à niveau constant à la chaudière, sans que le machiniste n'ait point à s'occuper de mise en route et d'amorçage. Donc l'économie de 15 à 16 0/0 est assurée par l'alimentation à l'eau chaude : économie ou augmentation de puissance pouvant être réalisée avec tous les systèmes de machines.

Or, il est bon de remarquer que cet avantage s'ajoute à d'autres sans restriction, car l'utilisation du calorique latent par l'alimentation à l'eau chaude est la moins contestable de toutes les sources d'économies.

Essieux coudés des locomotives.

§ 28. — En général les Ingénieurs des chemins de fer n'aiment pas les essieux coudés, qui coûtent cher et sont tous d'une durée limitée. En Angleterre où le gabarit est plus étroit qu'autre part et où on trouve des difficultés, pour le placement des cylindres extérieurs et de leurs distributions, sans sortir du gabarit anglais, on donne la préférence aux cylindres intérieurs avec essieux coudés.

Comme dans ces derniers temps on a considérablement amélioré la fabrication de ces essieux, ils se répandent de plus en plus. L'État Belge ne construit plus depuis longtemps que des locomotives à cylindres intérieurs ; mais d'un autre côté, il faut dire que les Américains qui ont presque autant de chemins de fer que toute l'Europe réunie, n'ont que des locomotives à essieux droits et à cylindres extérieurs ; ils marchent cependant avec ces machines aux plus grandes vitesses connues jusqu'ici.

N'est-ce pas le cas de faire remarquer qu'aujourd'hui, les locomotives compound à 2 et 3 cylindres étant condamnées, depuis quelques années on ne construit plus de locomotives compound ou Woolf à 4 cylindres et naturellement les deux grands cylindres sont intérieurs. A présent, il ne s'agit plus de supprimer l'accouplement, du moins sur le continent, et donc on n'y admet plus que les compound à 4 cylindres et à essieux coudés et accouplés.

Les partisans des compound ne peuvent plus soutenir que l'avantage des 4 cylindres est de répartir les efforts moteurs sur quatre manivelles (en tant que deux ne font pas tout le travail) et qu'alors les efforts sont réduits de moitié sur chacun des points où ils s'exercent, que donc l'essieu coudé d'une compound doit avoir une plus longue durée que celui de la locomotive type ordinaire à cylindres intérieurs ; mais à ce dire qui pèche par la base, on répondra que ce n'est pas l'effort de la bielle sur la manivelle ou tourillon de l'essieu coudé qui le fatigue et qui peut jamais le fatiguer, car la manivelle coudée présente une résistance à l'action de la bielle motrice 10 fois plus grande que le tourillon en porte à faux des moyeux de roues motrices faisant manivelles pour les cylindres extérieurs ; attendu que les causes de rupture des essieux coudés sont dues exclusivement aux mouvements de lacet et de flexion des ressorts qui font faire pincettes aux coudes, aux chocs d'entrée et de sortie des courbes à

petits rayons et principalement aux chocs produits par les croisements de voies, les aiguilles, etc., de sorte qu'un essieu coudé non moteur (sans machine à vapeur, bielle, etc.) serait tout aussi bien exposé à être cassé que l'essieu coudé d'une locomotive à égalité de charge dans ses boîtes à graisse. Aussi, la durée d'un arbre coudé est-elle d'autant plus grande, que la voie est tenue en très bon état, soit bien réglée et bien nivelée et que la vitesse de marche de la locomotive est modérée ou petite, à égalité de bonne fabrication bien entendu.

Si donc on peut admettre aujourd'hui que la bonne qualité des essieux coudés (1) doit inspirer toute sécurité, il est intéressant de dire que pour les cylindres de grands diamètres 0,520 *m* et plus des locomotives timbrées à 15 *kg*, les cylindres intérieurs, pour distribution genre Corliss (sans déclic) à grandes détentes prolongées, deviennent très recommandables (2); car, en effet, la surface d'un piston de 0,520 *m* de diamètre est de 0,2124 m^2 qui, sous tension de 15 *kg*, donne une pression de $2{,}124 \times 15 = 31\,860$ *kg*, soit de 32 *t*, quand les soupapes de sûreté se soulèvent. Si les roues motrices ont 2 100 *m* de diamètre, à la vitesse de 90 *km* à l'heure, le nombre des coups de piston à la seconde est de :

$$\left(\frac{90\ km}{\pi\ 6{,}100 \times 3\,600}\right) \times 2 = 9 \text{ à } 10 \text{ coups ou courses.}$$

Neuf à dix changements de direction par seconde sur un tourillon en porte à faux et sous une charge de 32 *t*, au point mort, semblent considérables et peuvent même paraître dangereux, car les châssis et principalement les longerons peuvent fatiguer rapidement et demander à être fortement renforcés, à l'origine, soit dans la construction en premier établissement. Comme les Américains emploient exclusivement depuis longtemps les cylindres extérieurs avec la grande vitesse et les hautes pressions, il ne faut donc pas attacher à cette observation plus de valeur qu'elle n'en doit avoir ; cependant, il faut bien reconnaître qu'avec la grande vitesse, la haute pression (15 *kg*) et les détentes très prolongées, les cylindres intérieurs avec l'essieu coudé présentent un grand intérêt pour l'étude d'une locomotive à haute pression (3).

(1) En acier au nickel.

(2) C'est justement le cas de deux locomotives de l'État Belge, mais qui ne sont encore timbrées qu'à 10 *atm*.

(3) Du reste les Compagnies du Nord, du P.-L.-M. et de l'Ouest ont un grand nombre de locomotives d'express à cylindres intérieurs dont elles sont très satisfaites depuis plus de 20 ans et donc à essieux coudés.

Résumé.

§ 29. — En résumé, on peut dire que, pour tirer de la puissance de la vapeur le maximum d'effet utile comme force motrice, il faut :

1° Produire cette vapeur le plus économiquement possible, En ce qui concerne les locomotives, on peut considérer leurs chaudières comme se plaçant au premier rang. (A ce sujet, on peut voir, avec un vif intérêt, le mémoire de feu M. A. Henry, Ingénieur en chef des Mines, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction au P.-L.-M., dans le Bulletin d'août 1894 des *Annales des Mines.)*

2° N'envoyer des chaudières aux machines que la vapeur bien sèche, en s'opposant aux entraînements d'eau vésiculaire (brouillard) et en s'opposant à la condensation, soit au refroidissement des conduites de vapeur (tuyaux) des chaudières aux machines.

3° Maintenir les cylindres à vapeur, ou mieux toute l'étendue de leurs parois, à une température supérieure à celle de la vapeur motrice (1) dans les boîtes de distributions, au moyen d'une circulation très active de vapeur à 4 ou 5 *kg* de pression au-dessus de la pression de la vapeur motrice (2), avec retour de la vapeur en excès et des purges des cylindres *(sans déperdition)* dans les chaudières à vapeur motrice à moins haute pression (de 4 à 5 *kg* de timbre).

4° Faire fonctionner les machines avec détente minima au 1/8 = 12 1/2 0/0 en volume, c'est-à-dire à 10 et 13 0/0 en moyenne et si elles sont à condensation au maximum au 1/16 = 6 0/0 à 7 0/0 sous pression de 8 *kg* au maximum pour la vapeur motrice et de 11 à 13 *kg* pour la vapeur de circulation. Mais les machines sans condensation doivent fonctionner au 1/8 de détente minima et au 1/10 de détente maxima, sous pression de 13 *kg* pour la vapeur motrice et de 16 à 18 *kg* pour la vapeur de circulation dans les chemises ou enveloppes.

5° Pour les machines compound à double et à triple expansion,

(1) Cette disposition n'est possible qu'avec les chemises de vapeur.

(2) La preuve évidente de la nécessité de la *surchauffe* des cylindres par les chemises de vapeur, c'est la constatation que dans les compound, les triplex, etc., l'enveloppe n'est réellement active que dans les grands cylindres à basse pression, réchauffée à la vapeur vive ; c'est-à-dire là où la différence de température est considérable.

quand ces combinaisons sont utiles, bonnes et pratiques, il faut augmenter de 1 1/2 à 2 *kg* toutes les pressions ci-dessus, par transvasement.

6° Repousser absolument le compoundage pour toutes les machines à grande vitesse sans condensation, marchant entre 120 et 400 tours par minute, puisque déjà, monocylindriques, ces machines réclament la pression de 13 *kg* aux chaudières pour la vapeur motrice.

7° Pour toutes les machines, n'admettre que trois types de distribution : *a)* Corliss et dérivées, *b)* Sulzer et dérivées, et *c)* Corliss, sans déclic, pour toutes vitesses supérieures à 80 tours de manivelle par minute.

8° Alimenter toujours les chaudières des machines sans condensation à l'eau chaude prise à 100° dans un réchauffeur-épurateur (dit détartreur) pour les machines fixes et dans un réchauffeur de la Compagnie d'Orléans pour les locomotives et locomobiles.

9° Pour les grandes puissances de 1 000 à 4 000 *ch* et plus, quand le voisinage d'une rivière rend la condensation économique, disposer le groupement des machines pour en avoir en puissance ou force les 4/5 à condensation et 1/5 à échappement dans un réchauffeur à 100°, qui fournit l'alimentation totale du groupe à cette température, ce qui donne une économie minimum de 10 0/0 sur les machines à condensation et de :

$$10 \times \frac{4}{5} = 8\ 0/0$$

sur toute l'installation, ainsi qu'il est dit au paragraphe 25.

Conclusions.

§ **30.** — Comme conclusions, on peut dire :

1° Que les machines sans condensation et à haute pression doivent avoir des chaudières timbrées entre 13 et 16 *kg*. Et, si elles sont construites avec la même perfection que les machines à condensation, elles seront aussi économiques que ces dernières, si elles sont alimentées avec de l'eau à 97° à son entrée dans les chaudières.

2° Que les locomotives à *haute pression* avec la distribution Corliss sans déclic et l'alimentation à 97° donneront une économie ou une augmentation de puissance de :

$$16 + 16 = 30 \text{ à } 32\ 0/0$$

à ajouter à celle trouvée par M. Dugald Drummond, paragraphe 20.

N. B. — Au moment de mettre sous presse, nous lisons dans le *Génie Civil* du 23 avril 1898, tome XXXII, n° 25, page 417, que, décidément, les locomotives compound à deux cylindres sont condamnées par tous les Ingénieurs en chef et remplacées, en Angleterre, par des machines à quatre cylindres à simple expansion ou Woolf, disposition due depuis 1891 à notre distingué Collègue, M. Ch. Baudry, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction aux chemins de fer P.-L.-M. et à son prédécesseur M. Henry, Ingénieur en chef du corps des Mines.

Appendice.

§ 31. — Dans le *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des chemins de fer*, vol. XII, avril 1898, 12e année, pages 381 à 407, on trouve un nouvel article de M. Charles Rous-Marten renfermant 6 pl., reproductions photographiques de six des plus nouvelles locomotives anglaises de grandes puissances pour le service des express. Ces machines se distinguent :

1° Par une grande surface de grille;

2° Par une grande production de vapeur, soit par une considérable augmentation de vaporisation, sur ce qui a été jusqu'ici fait en Angleterre;

3° Par une notable augmentation de la pression qui est portée de 10 à 14 *kg*;

4° Par l'abandon complet et absolu du principe compound, soit des locomotives à 2 et à 3 cylindres, avec capacité intermédiaire entre les cylindres à HP et les cylindres à BP, dite *Receiver*;

5° Par l'adoption de l'application de 4 cylindres pour les machines à 4 roues ou à 2 essieux moteurs;

a) A transvasement Woolf, avec manivelles à 180° par groupe pour pistons et mouvements équilibrés sur leurs longerons; donc avec les 4 manivelles sur le même essieu et avec accouplement : type Black Prince de M. Webb;

b) A 4 cylindres à travail Woolf, donc à double expansion, a cylindres inégaux : intérieurs $d = 0{,}369\ m \times c = 0{,}660\ m$. Extérieurs $d = 0{,}292\ m \times c = 0{,}610\ m$ et avec accouplement : M. J. Manson, rapport des volumes HP : BP :: 1,00 : 1,75. Ce rapport de M. Webb est :: 1,00 : 1,688;

c) A 4 cylindres indépendants et à 2 essieux moteurs aussi indépendants, donc sans accouplement; ces machines non compound, de M. Dugald-Drummond rappellent le principe que feu M. J. Pétiet, Ingénieur en chef au chemin de fer du Nord (ancien président de la Société des Ingénieurs Civils de France), mit en pratique sur le chemin de fer du Nord en 1862 : mais avec cette grande différence, que l'apparence et l'ordonnance de tous les organes des machines de M. Dugald-Drummond sont celles des locomotives modernes à 4 cylindres;

6° Par deux roues motrices (libres, donc sans accouplement) de 2,362 *m* de diamètre, non compound de M. S. W. Johnson, et de 2,438 *m* de M. Ivatt, etc.

Les machines dites compound du Nord et du Midi français sont à manivelles calées par groupe à 162° et à deux essieux moteurs indépendants, quant aux bielles motrices, mais réunies par deux bielles d'accouplement. Ces locomotives ont donc par nécessité une capacité intermédiaire entre les petits et grands cylindres (Receiver) : le calage à 162° au lieu de celui à 180° a été donné pour faciliter les démarrages et les prises en vitesses maxima; mais reste à savoir si les pertes dues au transvasement dans le Receiver, ne sont pas la cause d'une infériorité très grande sur la marche en Woolfs, sans résistance et sans compression pour le transvasement et pour l'échappement du grand cylindre dans l'atmosphère.

M. Ch. Rous-Marten dit dans l'article cité ci-dessus, que le système Woolf *tandem* n'a pas trouvé de partisans en Angleterre, ce qui s'explique facilement (1); en effet, dans la machine fixe Woolf-Farcot, de 1830 à 1855, la distribution commune aux cylindres donnait la pleine introduction et l'échappement continuel; pour toutes les variations de puissance; l'admission au petit cylindre était fermée, pour la détente variable de Farcot, par les blocs de détente, qui portent son nom; c'est pourquoi nous proposons la

(1) Car la distribution unique avec la coulisse simple ordinaire donne lieu à des compressions très considérables dans les petits cylindres, à grande détente et s'oppose à la grande vitesse.

double coulisse pour les locomotives afin qu'elle puisse remplacer les blocs de la détente Farcot, ce que la coulisse simple ne peut donner.

Enfin, en terminant, j'ajouterai qu'en 1855, MM. Farcot trouvant que pour des détentes au 1/10 les Woolf-Farcot, beaucoup plus chères que les machines Farcot horizontales, ne faisaient pas sur ces dernières, la moindre économie de vapeur (soit de combustible), les ont complètement abandonnées (à cette époque 1855); c'est ce qui nous fait croire que la Corliss d'Orléans est aussi bonne que la Woolf de M. Webb, pour les mêmes raisons; mais en même temps nous pouvons dire que les compound sont inférieures aux Woolf et n'ont pas leur élasticité.

§ 32. — Constatation de l'économie donnée par la pompe de purge dont il est question aux paragraphes 8, 22 et 23.

SOCIÉTÉ ANONYME
DES
ÉTABLISSEMENTS DE QUILLACQ

« Anzin, le 13 juillet 1880.

« M. Lencauchez, Ingénieur civil, 156, boulevard Magenta, à Paris.

« Monsieur,

» En réponse à la demande que vous nous avez adressée, nous » sommes heureux de vous dire que les pompes d'alimentation » et de purge *(combinées)* de votre système, appliquées aux ma- » chines à élever l'eau de la Villette, ont donné un excellent résultat (1).

» Nous avons constaté qu'en supprimant le renvoi à la chau- » dière de la purge d'enveloppe, la consommation de houille » augmente de 1/12 = 8,66 0/0 : c'est vous dire qu'avec vos » pompes on consomme en moyenne 1 200 *kg* par jour et par » machine, et que cette consommation atteint 1 300 *kg*, quand on » supprime leur action.

» Les derniers renseignements qui nous sont parvenus sur » les machines de la Villette indiquent une consommation de

(1) Machines horizontales Sulzer, construites par la Société Anonyme des Établissements de Quillacq à Anzin (Nord), pour le Service municipal des eaux de la Ville de Paris.

» 1,030 *kg* de houille d'Aniche par heure et par cheval mesuré » *en eau montée.*

» Il est certain pour nous que vos pompes contribuent à ce » magnifique résultat.

« Veuillez agréer, Monsieur, etc.

» (Signé) par pro. pour l'Administrateur-Délégué,

» MARTIN,

» Ingénieur-Directeur des ateliers. »

N. B. — N'est-il pas bien probable que si la circulation eût été indépendante et à + 25°, par augmentation de pression de 5 *kg*, cette économie de 8 0/0 se serait élevée à 12 0/0 au moins. Ce qui démontre bien la grande utilité des enveloppes de vapeur bien établies, ainsi qu'on l'a pu voir au § 8 pour les machines américaines à vaporisateurs à double et à triple effet.

LA
TRACTION ÉLECTRIQUE DES TRAMWAYS
PAR
ACCUMULATEURS A CHARGE RAPIDE
PAR
M. F. DROUIN

Jusqu'à ces dernières années, la traction électrique des tramways par accumulateurs s'est faite surtout par l'emploi de batteries amovibles, batteries que l'on charge à l'usine et que l'on place sur les voitures en remplacement d'autres batteries épuisées.

Avec les accumulateurs employés d'ordinaire à la traction — et dont la charge exige quelquefois plusieurs heures — ce système est d'ailleurs le plus rationnel, la charge de la batterie sur la voiture même ayant l'inconvénient d'immobiliser celle-ci pendant une notable partie du temps, et, par suite, de réduire le parcours dont elle est susceptible.

Mais si l'on est en possession d'un type de batterie pouvant supporter une charge très rapide, la charge des accumulateurs sur la voiture même présente, au contraire, un grand intérêt, car elle permet de s'affranchir de bien des sujétions, telles que manipulation des batteries, parcours à vide entre l'usine et la station terminus, nécessité d'avoir les batteries en double, etc.

L'installation qui fait l'objet de la présente note, et qui a été réalisée par la Société Industrielle des Moteurs électriques et à vapeur (Établissements Heilmann), fonctionne précisément dans ces conditions, c'est-à-dire que les batteries sont chargées sur les voitures mêmes, aux têtes de ligne, et pendant les quelques minutes que dure le stationnement. Avant de la décrire, nous dirons quelques mots d'un système intermédiaire, qui a conduit à la réalisation d'accumulateurs permettant les charges rapides. Ce système, appliqué, croyons-nous, pour la première fois par M. Krüger, consiste dans l'emploi combiné du trolley et des accumulateurs.

Certaines lignes, en effet, effectuent une partie de leur parcours à l'intérieur d'une ville où le trolley est prohibé, et s'é-

tendent, à l'extérieur, sur une certaine longueur où l'application du fil aérien ne soulève aucune difficulté. Sur ces lignes, il est possible de charger les accumulateurs pendant le parcours *extra-muros*, en prenant l'énergie sur le fil même du trolley.

Tel est le cas de la ville de Hanovre, où un réseau de 130 *km* dessert un grand nombre de localités avoisinantes, dans un rayon qui est actuellement de 10 *km*, et qui va s'étendre à 25 *km*. Sur la partie qui se trouve à l'extérieur de la ville, le fil aérien sert en même temps à la propulsion de la voiture et à la charge de la batterie; à l'intérieur, au contraire, le fil est entièrement supprimé, et la voiture est mue par les accumulateurs seulement.

On conçoit que pour une exploitation de ce genre, où la charge des batteries ne peut être surveillée attentivement, il fallait un type d'accumulateur robuste, et que, d'autre part, il était nécessaire de pouvoir charger rapidement, certaines lignes n'effectuant avec le trolley qu'un trajet assez court. L'accumulateur Tudor est celui qui a été choisi; nous reviendrons plus loin sur sa construction. Chaque voiture porte une batterie de 208 éléments, pesant 2 600 *kg*. Un commutateur placé sous la main du conducteur permet de mettre les accumulateurs soit dans la position de charge, soit dans celle de décharge.

La voiture est pourvue d'un appareil de manœuvre d'une disposition spéciale; dans la position de charge, cet appareil agit à la façon ordinaire, par intercalation de résistances, et comporte cinq positions (plus la position d'arrêt, où le circuit est coupé). Ainsi, dans la position 5, le moteur se trouve directement en circuit sur la ligne, la batterie étant, de la même façon, intercalée entre le fil du trolley et la terre. Dans la position de décharge, les cinq mêmes touches correspondent à la même manœuvre, mais avec la batterie groupée par moitié en quantité; la sixième touche donne le courant de la batterie couplée entièrement en série. En général, on obtient, à l'intérieur de la ville, une vitesse suffisante avec la touche 5, et le travail de la batterie se trouve réparti sur les deux moitiés, ce qui assure un débit spécifique relativement faible.

Les voitures ont 20 places assises; le moteur est une machine Siemens enroulée en série.

L'installation de Hanovre a donné lieu à une série d'essais, qui ont été entrepris et publiés par M. Ross, et qui ont été faits sur des lignes où les parcours de charge variaient entre 2,8 et 8 *km*, et le parcours de décharge entre 5 et 12 *km*.

Les premiers essais ont porté sur la consommation d'énergie des voitures fonctionnant par le trolley sur une ligne (Honigswartherplatz-Herrenhausen) présentant peu de courbes, et ayant des rampes de 2 0/0. La consommation de la voiture vide (sans batterie) était de 484 watts par kilomètre, sans arrêt, à la vitesse moyenne de 15,8 *km* à l'heure. La même voiture vide, mais chargée de sa batterie, a donné la même consommation (484 watts par voiture-kilomètre), mais à la vitesse de 14,2 *km*, sans arrêt. Avec les arrêts réglementaires, la consommation s'est élevée à 565 watts par voiture-kilomètre (voiture vide, sans batterie).

Les essais suivants avaient pour but de déterminer la résistance au roulement de la voiture (1). A la vitesse de 16,2 *km* à l'heure, on a obtenu 8,5 *kg* par tonne. Cette valeur comprend naturellement, outre la résistance de la voiture proprement dite, celle du moteur tournant à vide. Cet essai n'a qu'un rapport indirect avec le système; toutefois, comme il n'existe pas un très grand nombre d'expériences sur la résistance des tramways, il pouvait être intéressant de le signaler.

On a également déterminé la consommation des voitures fonctionnant avec les accumulateurs. A la vitesse moyenne de 9,3 *km* à l'heure (arrêts compris) et avec les arrêts réglementaires, la voiture a consommé 380 watts par kilomètre. Ce chiffre, plus bas que les précédents, a été attribué, d'une part à la vitesse plus faible, d'autre part au meilleur rendement de l'ensemble avec les accumulateurs fonctionnant en quantité.

Les mesures de rendement de la batterie ont été faites sur une ligne où la charge se faisait sur 1420 *m* et la décharge sur 3800 *m*. Le rendement a été trouvé de 74 0/0; toutefois les expérimentateurs ont admis que, dans la pratique, on ne rencontrerait pas

(1) Ces mesures ont été faites par la méthode de M. Volkers, qui consiste à mesurer l'accélération de la voiture, d'abord en descendant une certaine pente, puis en montant la même rampe. le courant étant coupé, et la voiture marchant sous l'impulsion de la vitesse acquise.

α étant l'inclinaison;
j_1, j_2, les accélérations mesurées;
f, le coefficient de résistance au roulement,
On a, dans le premier cas :

$$j_1 = (\sin \alpha - f \cos \alpha) g;$$

et, dans le second cas :

$$j_2 = (\sin \alpha + f \cos \alpha) g;$$

d'où :

$$f = \frac{j_2 - j_1}{2g \cos \alpha},$$

ou, approximativement :

$$f = \frac{j_2 - j_1}{20}.$$

Les accélérations étaient déterminées en mesurant le temps que mettait la voiture à parcourir la distance entre des poteaux préalablement repérés.

toujours une proportion aussi favorable entre le parcours de charge et le parcours de décharge et que, par suite, le rendement moyen devait être estimé à 70 0/0.

Mais les conséquences les plus intéressantes sont celles qui concernent la consommation générale d'énergie. Tout d'abord, grâce aux deux couplages de la batterie, on peut, dans la marche à accumulateurs, employer moins souvent les résistances, de sorte que la perte par les accumulateurs se trouve compensée, au moins en partie, par le meilleur rendement obtenu. De plus, les batteries en charge agissent comme volants sur l'ensemble du réseau. On a constaté, en effet, au fur et à mesure de leur introduction, que le voltage à l'usine était plus constant et les variations d'intensité moins grandes. Il s'ensuit que l'installation mécanique travaille à une fraction plus élevée de sa charge, d'où amélioration du rendement, qui a passé de 321 à 480 watts par kilogramme de charbon, lorsque la proportion de kilomètres-accumulateurs a monté de 8,5 à 44,5 0/0 du parcours total. Il est juste d'ajouter que la consommation moyenne des voitures a passé de 527 à 637 watts par kilomètre; mais, chose intéressante, la consommation de charbon par kilomètre-voiture a plutôt baissé légèrement.

Il résulte du dernier compte rendu de la Société des tramways de Hanovre que l'entretien des accumulateurs a coûté, en 1897, environ 0,016 *f* par voiture-kilomètre de traction mixte, soit 0,026 *f* par voiture-kilomètre de traction par accumulateurs. Il ne faut pas perdre de vue que ce chiffre extrêmement bas a été obtenu avec des voitures relativement petites et sur un réseau qui comporte actuellement plus de cent trente voitures disposées pour la traction mixte.

Le même système est appliqué dans plusieurs autres villes: Dresde, Berlin, Hagen, Turin. Récemment, une installation analogue a été faite à Paris, avec des accumulateurs d'un autre système; en un mot, ce système mixte de trolley et accumulateurs paraît appelé à se répandre.

* * *

En 1896, au moment où, sur l'initiative de M. Broca, la Compagnie des Tramways de Paris et du Département de la Seine se préparait à adopter la traction électrique sur les lignes de la Madeleine à Courbevoie, Neuilly et Levallois, on se trouvait en présence d'une difficulté, par le fait que, d'une part, le trolley

ne pouvait être admis, à l'extérieur de Paris, que sur une des lignes (et que, par suite, le système mixte par trolley et accumulateurs n'était pas possible) et que, d'autre part, l'emploi des accumulateurs sous la forme ordinaire paraissait nécessiter trois usines, ou au moins trois sous-stations de chargement, les diverses lignes aboutissant en trois points éloignés l'un de l'autre.

En présence des bons résultats obtenus avec des charges rapides sur les tramways de Hanovre, Dresde et Hagen, on décida d'appliquer le système par accumulateurs seuls, avec charge aux points terminus pendant le stationnement.

Les trois lignes desservies sont celles de :

La Madeleine à Courbevoie, par le pont de Neuilly ; longueur : 6 950 *m* ;

La Madeleine à Courbevoie, par le pont Bineau ; longueur : 5 300 *m* ;

La Madeleine à Levallois (quai Michelet) ; longueur : 4 900 *m*.

Le tracé de ces lignes et leur profil sont représentés par les figures 1 et 2. La rampe maxima est 17 *mm* environ ; toutefois, la ligne de raccordement avec le dépôt comporte une rampe de 4 0/0 à l'arrivée au pont de Neuilly.

Les distances entre les points terminus (où s'effectue la charge) et l'usine sont les suivantes :

Courbevoie (ligne du pont de Neuilly .	650 *m*
Courbevoie (ligne du pont Bineau). .	2 000
Levallois	3 500

Le matériel roulant comprend 35 voitures à 2 essieux, de 52 places, à impériale couverte.

L'intérieur renferme.	20 places
La plate-forme	6 —
L'impériale.	26 —

Les figures 3, 4 et 5 montrent diverses vues de la voiture.

Sa longueur totale est de	7,95 *m*
L'empattement est de.	1,90 *m*
Son poids en charge est d'environ .	14 *t*

Les voitures motrices peuvent remorquer une autre voiture de 7 *t*.

Les figures 6, 7 et 8 montrent divers détails du truck et des organes de freinage.

Chaque voiture est pourvue de deux moteurs électriques pouvant développer normalement 15 *ch* chacun et momentanément 25 *ch*. L'induit du moteur attaque, par un seul engrenage, l'essieu correspondant. Le diamètre des roues est de 82 *cm* ; le rapport de réduction est 17 à 82.

Les moteurs *(fig. 9, 10 et 11)* sont à quatre pôles, avec deux bobines inductrices à axe vertical. L'induit est un anneau denté. Des trappes ménagées dans le plancher de la voiture permettent la visite des moteurs.

Ces moteurs ont été, de même que tout le matériel électrique de l'usine, construits au Havre par la Société Industrielle de moteurs électriques et à vapeur.

La batterie d'accumulateurs comprend 200 éléments Tudor, placés sous les banquettes et montés comme une batterie à poste fixe, c'est-à-dire avec toutes les connexions soudées. On a accès à la batterie par l'intérieur de la voiture, en soulevant les banquettes qui recouvrent la caisse par l'intermédiaire d'un joint en caoutchouc. La manœuvre de la voiture se fait par un contrôleur spécial, mais qui agit à la façon d'un contrôleur à trolley, la batterie restant toujours groupée en série.

Ce contrôleur comprend deux parties distinctes, l'une étant un rhéostat, l'autre un coupleur qui modifie le groupement des moteurs. Le rhéostat comprend une résistance liquide et une hélice de maillechort, placées sous la plate-forme. La manivelle qui commande le contrôleur agit, lorsqu'elle est à fond de course, sur la corde du frein Lemoine. Un second frein, à vis, sert de secours.

Un commutateur, placé à l'avant de la voiture, permet de mettre les accumulateurs, soit sur le circuit de charge, soit sur le circuit de décharge.

Il nous reste à dire quelques mots des batteries elles-mêmes et des dispositions qui leur permettent de supporter les régimes intensifs auxquels elles paraissent soumises.

Deux particularités concourent à permettre la charge rapide : la première, c'est qu'on n'utilise qu'une partie de la capacité maxima de la batterie ; la seconde, c'est qu'on a donné aux électrodes une surface telle, que la densité de courant s'y trouve ramenée aux valeurs habituelles.

La charge est faite à voltage constant ou sensiblement constant. Cette méthode, préconisée il y a plusieurs années déjà par

MM. Picou et Hospitalier, n'avait pu être appliquée industriellement avec les accumulateurs connus à cette époque. Elle est néanmoins la plus rationnelle, car elle proportionne en quelque sorte l'intensité du courant à l'aptitude qu'a l'électrode à la recevoir, c'est-à-dire à l'état de la matière active. De plus, elle ne demande aucun rhéostat, réducteur ou survolteur.

Au début de la mise en charge, l'intensité est très élevée, ce qui explique comment, en un temps très court, la batterie peut emmagasiner une très notable fraction de sa charge totale.

La figure 12, empruntée à une intéressante communication de

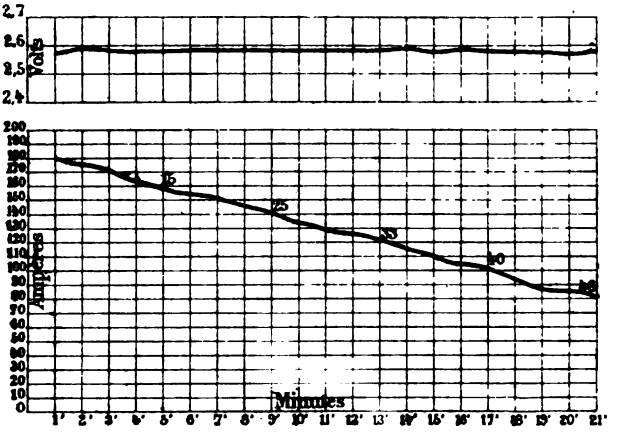


Fig. 12.

M. Blanchon à la Société Internationale des Électriciens (1), représente d'ailleurs l'allure de la charge à voltage constant, effectuée au voisinage de 2,6 volts sur un élément du même type que ceux employés sur ces voitures. Elle représente l'intensité en fonction du temps. Au début de la charge, l'intensité est de 180 ampères ; au bout de 20 minutes, elle est tombée à la moitié environ de cette valeur.

La quantité d'électricité emmagasinée est de 15 ampères-heure en 5 minutes, 25 en 10 minutes, 33 en 13 minutes, 40 en 17 minutes et 46 en 21 minutes.

Nous avons dit précédemment qu'on n'utilisait qu'une partie de la capacité totale de la batterie : c'est qu'en effet la capacité utile d'une batterie dépend essentiellement du régime auquel s'effectue la décharge. Les constructeurs indiquent généralement,

(1) *Bulletin de la Société Internationale des Électriciens*, mai 1897, p. 180.

pour le même accumulateur, plusieurs capacités correspondant à différents régimes.

M. Peukert a trouvé que la relation entre la capacité et le courant de décharge pouvait s'exprimer par une formule simple :

$$I^n t = \text{constante}.$$

I étant l'intensité du courant ;

t la durée de la décharge ;

et n un coefficient qui varie avec la construction de l'élément.

Il a calculé, pour divers types de batteries, la valeur du coefficient n, qui est, en moyenne, 1,47. On trouve également un chiffre voisin de 1,5, — au moins entre des limites assez larges, — si l'on essaie d'appliquer la même loi à l'accumulateur Tudor. Cette loi paraît, du reste, s'appliquer aux décharges rapides, du moins avec l'approximation que l'on peut espérer dans ce genre de mesures.

Les courbes de la figure 13 indiquent, du reste, les capacités

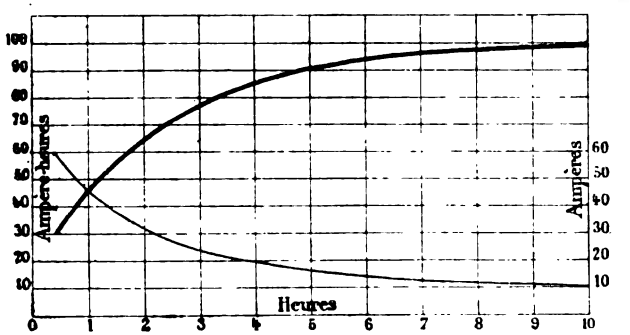


FIG. 13.

qui correspondent aux divers régimes de décharge (1) pour les accumulateurs employés sur les lignes de la Madeleine.

La capacité qui a servi de base pour le choix de la batterie a été celle d'environ 45 ampères-heure, correspondant à la décharge d'une heure. On voit que cette capacité est déjà la moitié de celle qu'on obtiendrait avec une décharge de cinq heures et, en se reportant aux indications précédentes concernant la charge, on trouve que ces 45 ampères-heure peuvent être récupérés en dix-huit ou dix-neuf minutes.

(1) Ce graphique donne les chiffres admis *industriellement* ; les capacités effectives trouvées aux essais sont un peu plus élevées.

Inutile d'ajouter qu'en pratique on n'utilise pas à chaque voyage la capacité totale prévue de la batterie et que, par conséquent, la durée de charge est plus courte.

La batterie comprend deux cents éléments pesant chacun 18,100 *kg*, soit, au total, 3 620 *kg*. Chaque élément a pour dimensions extérieures :

Longueur.	23 *cm*
Largeur.	8
Hauteur totale.	34

Il est formé de cinq plaques : deux positives et trois négatives. Le poids total de l'élément se compose de :

Plaques positives	7,300 *kg*
Plaques négatives.	4,870
Bac en ébonite.	1,640
Liquide, supports, etc.	4,290

La principale particularité de cet élément réside dans la constitution de la positive. Cette plaque est du type Planté. Elle est constituée par une âme en plomb, sur laquelle viennent faire saillie une série de prismes en plomb *(fig. 14)* venus de fonte avec cette âme et constituant la surface active. La distance entre les arêtes extérieures de ces prismes est de 1,5 *mm* environ, de sorte qu'ils sont en très grand nombre et donnent une surface effective qui peut atteindre plus de dix fois la surface apparente de l'électrode. Dans ces conditions, la surface utile de la plaque atteint 20 dm^2 par kilogramme d'électrode, et les densités de courant ne dépassent pas les densités adoptées dans les accumulateurs ordinaires à charge et à décharge lentes. C'est ainsi que la décharge en une demi-heure se fait avec une densité de courant de 1 ampère par décimètre carré.

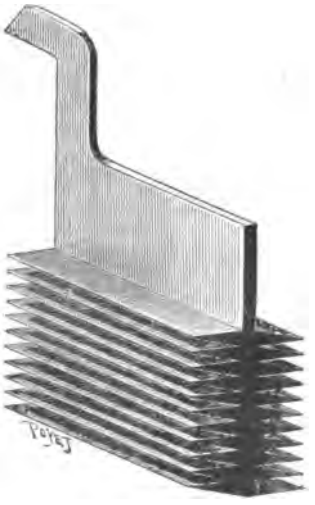


Fig. 14.

La formation Planté n'intéresse d'ailleurs qu'une épaisseur de plomb très faible (généralement moins d'un dixième de millimètre), de sorte que la durée de la plaque est assurée.

La charge s'effectue pour chaque ligne à l'un des points terminus ; autrement dit, une seule charge suffit à un voyage aller et retour. La charge dure environ dix minutes ; elle se fait en raccordant — au moyen de deux câbles souples que porte la voiture — la batterie avec une borne de charge placée sur la voie publique, cette borne étant reliée à l'usine par des câbles souterrains.

Les sections des divers câbles ont d'ailleurs été déterminées de façon que la perte de charge soit la même dans chacun d'eux ; autrement dit que, à chaque station, la charge s'effectue sous le même voltage.

Le raccordement du câble souple avec la borne de charge se fait par deux pièces de contact ayant chacune une forme différente, de sorte qu'il est impossible d'intervertir les pôles. Un interrupteur placé dans la borne sert à mettre les batteries en circuit.

La borne de chargement contient également un indicateur de fin de charge construit de la façon suivante *(fig. 15)* : deux solénoïdes à axe vertical, l'un en gros fil, l'autre en fil fin, sont traversés, l'un par le courant principal, l'autre par une dérivation prise aux bornes de la batterie. Ces deux solénoïdes sont antagonistes ; leur distance est réglée de telle sorte qu'un morceau de fer doux, placé dans l'axe de ces solénoïdes, ne peut être attiré que vers la fin de la charge, au moment où, l'intensité du courant ayant diminué dans le circuit à gros fil, l'action du solénoïde en dérivation est devenue prépondérante. Le mouvement du noyau de fer doux a alors pour effet de fermer le circuit d'une pile locale sur une sonnerie qui avertit de la fin de la charge.

Des ventilateurs électriques assurent une circulation d'air rapide au-dessus de la batterie pendant la charge.

La figure 16 montre l'allure des courbes de charge.

L'usine est située à Puteaux, quai National.

Elle comprend trois groupes électrogènes Willans-Brown, de 120 kilowatts chacun. Deux groupes assurent la marche normale, le troisième sert de réserve. Les machines à vapeur sont à triple expansion, et détente variable automatiquement. Elles fonctionnent à condensation. Les dynamos sont à quatre pôles, avec induit à tambour. La tension à l'usine est de 600 volts.

Les figures 17, 18 et 19 montrent un de ces groupes électrogènes.

La vapeur est fournie à 16 *kg* par trois générateurs Babcock et Wilcox, pouvant produire chacun 1 800 *kg* à l'heure (surface de chauffe, 132,6 m^2; surface de grille, 2,46 m^2). Des pompes électriques placées en sous-sol amènent à l'usine l'eau nécessaire à la condensation, à l'alimentation, au lavage des voitures, etc.

L'usine est pourvue d'une batterie-volant, restant en dérivation sur le circuit, et régularisant la charge des machines.

La figure 20 montre, d'ailleurs, une courbe du débit de l'une des dynamos.

Le tableau de distribution est divisé en dix panneaux ; les trois premiers sont affectés chacun à une dynamo (rhéostat, interrupteur, coupe-circuit, ampèremètre) ; le suivant porte les voltmètres et divers appareils accessoires (éclairage de l'usine, etc.) ; les trois suivants correspondent chacun à un feeder (ampèremètre, interrupteur et disjoncteur) ; les trois derniers desservent les postes de charge du dépôt et la batterie-volant.

Cette installation a donné lieu à un certain nombre d'essais :

En ce qui concerne les essais de consommation, nous ne pouvons mieux faire que de rappeler les chiffres cités par M. Lasnier, dans une communication à la Société internationale des électriciens (1).

Deux séries d'essais de consommation d'énergie ont été faites, l'une avec des enregistreurs Richard, l'autre avec des compteurs Thomson. La mesure de l'énergie fournie par l'usine et indiquée par les enregistreurs, a donné 11 768,2 watts-heure pour chaque charge, soit 840,6 watts-heure par voiture-kilomètre (ligne de la Madeleine à Courbevoie par le pont de Neuilly).

La deuxième série d'essais a porté à la fois sur l'énergie fournie par l'usine, et sur celle restituée par les accumulateurs. Autrement dit, un compteur était placé à l'usine, sur un des feeders, et un autre sur une des voitures correspondantes ; ce dernier était d'ailleurs déplacé d'une voiture à l'autre pendant l'essai.

On a relevé les chiffres suivants, moyenne de 151 charges :

Énergie fournie par l'usine. . . . . 775 watts-heure par voiture-kilomètre.
— restituée par les accumulateurs 548 — —

Le rendement global, en énergie, des accumulateurs et des feeders, ressort donc à :

$$\frac{548}{775} = 70\ 0/0.$$

(1) *Bulletin de la Société Internationale des électriciens*, mai 1897, p. 285.

La différence entre les résultats des deux séries d'essais s'explique par le fait que la première a eu lieu un jour et à une heure où le service était exceptionnellement chargé.

La mesure des consommations de combustible a donné 2,6 *kg* de charbon par voiture-kilomètre, y compris tous les services accessoires de l'usine (pompes, éclairage, moteur de l'atelier, etc.).

***

Nous rendrons compte, en terminant, de quelques expériences entreprises en vue de mesurer la résistance à la traction des voitures.

La méthode suivante a été employée :

La voiture étant lancée à une certaine vitesse, on coupe le courant, sur un palier, et on laisse la voiture s'arrêter sous l'action de sa résistance propre. Il suffit, évidemment, de connaître la loi de la variation de vitesse pendant cette période d'arrêt, pour déterminer la résistance de la voiture à toutes les vitesses comprises entre la vitesse maxima et une vitesse très voisine de zéro.

Pour obtenir la courbe des vitesses, on enregistre, à l'aide d'un chronographe, le temps que met la voiture à parcourir des espaces égaux. Ce chronographe se compose d'un cylindre horizontal, tournant d'un mouvement uniforme sous l'action d'un mécanisme d'horlogerie, et garni d'un papier sur lequel un style vient tracer une hélice. Ce style peut recevoir un léger déplacement (dans le sens d'une génératrice du cylindre), sous l'action d'un électro-aimant, qui est commandé par un contact électrique monté sur l'essieu. On obtient donc un point du diagramme à chaque tour de roue.

Si l'on connait la vitesse linéaire de déplacement du papier et le diamètre de la roue de la voiture, on peut, du diagramme ainsi obtenu, déduire d'abord les vitesses, puis les accélérations et, par suite, les résistances au roulement. On a soin, naturellement, de faire entrer dans l'expression de la force vive totale de la voiture, celle des parties tournantes (essieu, roues, engrenages, induit du moteur).

En réalité, comme il est généralement difficile de trouver une certaine longueur de voie qui soit bien exactement en palier, on a toujours relevé, au même endroit, deux séries de diagrammes, les uns dans un sens, les autres, en sens inverse, de façon à

éliminer l'influence de la gravité. Lorsqu'un certain nombre de diagrammes, pris au même endroit, ne fournissaient pas une concordance satisfaisante, on avait tout lieu de penser que le profil sur lequel on avait opéré n'était pas uniforme, et cette série de diagrammes était, par suite, laissée de côté. La facilité qu'offre cette méthode pour le relevé d'un très grand nombre de points permet de ne conserver ainsi que les résultats qui, par leur concordance, offrent une très grande probabilité d'exactitude.

Les figures 21, 22, 23 et 24 montrent quelques courbes des vitesses en fonction des espaces, avec indication des points relevés dans les deux directions.

La figure 25 montre — toujours en regard des points relevés — une autre courbe résumant plusieurs expériences faites en des endroits différents et à des moments différents. Ces diverses courbes donnent une idée de la concordance sur laquelle on peut compter par l'emploi de cette méthode.

La résistance sur rail Broca, en bon état, par un temps sec, peut être, en palier et alignement droit, représentée en kilogrammes par tonne par l'expression :

$$R = 3 + 0{,}16\ v,$$

v étant la vitesse exprimée en kilomètres à l'heure.

Cette formule s'applique entre 5 et 25 *km* à l'heure. La figure 26 en donne une représentation graphique.

Cette résistance comprend celle du moteur tournant à vide.

On a également fait une série d'expériences sur une voiture dont les pignons de moteurs étaient enlevés. La voiture était, dans ce cas, lancée par une autre voiture. La résistance R′ ainsi obtenue, ne comprend plus celle du moteur. On a trouvé :

$$R' = 0{,}94\ R.$$

Un certain nombre d'expériences relatives à la résistance en courbes ont été faites par la même méthode ; mais la difficulté de trouver des courbes de rayon uniforme, et surtout le grand nombre de facteurs qui influent sur la résistance en courbe (forme et usure des boudins, écartement de la voie, dévers, état du rail, etc.), ne permettent guère de déduire une expression générale de cette résistance. Nous nous contenterons de faire remarquer que, sur une voie horizontale, la résistance en courbe paraît croître très rapidement avec la vitesse, et que cette résis-

tance, sur rail sec, est voisine de 25 *kg* par tonne, à la vitesse de 10 *km* à l'heure, dans une courbe de 40 à 45 *m* de rayon.

Rappelons que tous ces résultats se rapportent à des voitures de 14 *t*, ayant un empattement de 1,90 *m*, montées sur roues de 0,82 *m*, avec fusées de 95 *mm* de diamètre et 160 *mm* de longueur, sur coussinets en bronze (graissage à l'huile), surface de front de la caisse de la voiture (truck non compris), 7,50 m^2.

Pour terminer, il nous reste à dire que le système de traction par accumulateurs à charge rapide, dont nous venons de parler, fonctionne depuis un an et demi d'une façon satisfaisante, et que les résultats obtenus concordent parfaitement avec le programme qu'on s'était proposé.

CHRONIQUES

Nos 222 et 223

Sommaire. — Coussinets à roulement. — Historique du développement de la machine de navigation aux États-Unis. — Déplacement d'une station de chemin de fer. — Déplacement d'une grande construction. — Combustion spontanée des briquettes. — Bas tarifs de chemins de fer. — Utilisation des tourbières pour la production de l'électricité. — Les établissements d'enseignement technique aux États-Unis. — Installations d'air comprimé pour les mines. — Associations de surveillance des chaudières à vapeur en Prusse.

Coussinets à roulement. — A la réunion générale de la *Federated Institution of Mining Engineers* qui s'est tenue à Londres le mois dernier, M. W. B. Marshall a présenté une intéressante communication sur le sujet des coussinets à roulement qui est déjà fort ancien, comme on sait, mais parait redevenir d'actualité.

L'auteur expose au début la différence essentielle qui existe entre la résistance au glissement et la résistance au roulement. Tout le monde peut apprécier l'augmentation de résistance que présente un véhicule quelconque lorsqu'on empêche les roues de tourner en les enchainant ou en serrant le frein, le glissement étant alors substitué au roulement. La roue de voiture est la forme la plus générale de l'application du roulement et, si le traineau est employé dans des cas particuliers, il ne saurait être question de l'employer d'une manière générale pour remplacer les voitures.

On peut donner un exemple très simple et très frappant des deux espèces de résistances. Si on presse les deux mains l'une contre l'autre, les paumes en contact, il faut un certain effort pour les faire glisser, mais si on place un crayon entre deux, on ne sent plus aucune résistance.

L'emploi des coussinets à rouleaux a pour objet de substituer le roulement au glissement entre les axes des roues et celles-ci, ou entre les arbres et leurs supports. Avec ce système, il n'y a plus besoin de graissage, ce qu'on peut apprécier par le fait qu'on ne met pas de graisse ou d'huile sur les rails des chemins de fer, bien que la roue ait à sa circonférence une plus grande vitesse que la fusée; on graisse celle-ci, parce que dans le premier cas il y a roulement et dans le second glissement.

Une boite à roulement doit, pour bien fonctionner, satisfaire aux conditions suivantes :

1° Les diverses parties doivent avoir leur mouvement relatif combiné de telle sorte qu'il ne se produise jamais qu'un déplacement par roulement entre les surfaces en contact et de plus ces parties doivent être faites en matières capables de résister aux efforts qu'elles peuvent éprouver;

2° Les rouleaux de support doivent avoir leurs axes maintenus parallèlement à l'axe de l'essieu ou arbre sur lequel ils roulent; ils ne doivent

pas se toucher et leur diamètre et longueur doivent être suffisants pour que la pression exercée ne soit pas trop grande;

3° Les choses doivent être disposées de manière à éviter toute tendance au déplacement des rouleaux dans le sens de leur axe et de l'arbre ou essieu dans le même sens;

4° L'ensemble de la boite doit contenir le moins de parties possible, ces parties doivent être de forme simple et disposées de manière à pouvoir être ajustées par tout ouvrier d'une intelligence ordinaire;

5° Les boites ou supports doivent pouvoir s'appliquer aux véhicules ou arbres existants avec le moins de modifications possible dans les parties annexes, telles que plaques de garde, attaches de ressorts, paliers moyeux, etc.;

6° La question la plus importante, au point de vue commercial, est que les boites à roulement puissent être produites à un prix raisonnable, qu'elles puissent fonctionner sans exiger une surveillance spéciale et qu'elles soient capables d'effectuer un travail considérable, soit comme parcours, soit comme nombre de tours, avec une dépense peu élevée d'entretien.

L'auteur fait un examen rapide des résultats obtenus jusqu'ici dans l'application des boites à roulement aux véhicules de chemin de fer et de tramways et à d'autres pièces. Pendant plusieurs années, la seule application du principe du roulement a été dans les coussinets à billes bien connus, universellement employés dans la construction des vélocipèdes et, si ces coussinets donnent des résultats très satisfaisants pour des charges légères, tous les essais faits, au moins à la connaissance de l'auteur, pour les employer avec des charges un peu fortes, ont échoué complètement, cet insuccès provenant principalement de ce que les billes creusent les chemins dans lesquels elles roulent. Dès que l'érosion a commencé, les billes perdent leurs qualités réductrices de résistance. On peut le constater par l'expérience suivante : On fait sur une planche une rainure de la forme exacte de la demi-bille. Si, la bille placée dans la rainure, on incline la planche, on voit la bille glisser dans la rainure mais non rouler. Cet exemple montre l'effet du creusement du chemin de roulement poussé à sa dernière limite.

Un autre défaut des billes est qu'elles peuvent se toucher, or, comme dans ce cas, les surfaces en contact tournent en sens contraire, il se produit nécessairement un frottement et une usure. On a essayé de remédier à cet inconvénient en interposant entre les billes d'autres billes de diamètre plus petit ne portant pas la charge, et servant seulement à maintenir l'écartement. L'objection est qu'on double ainsi la charge de chaque bille portante.

Dans l'application des boites à rouleaux aux véhicules de chemins de fer, on a trouvé qu'au départ la résistance tombait jusqu'à 3 livres par tonne (1,35 *kg*) ce qui correspond à un coefficient de frottement de 0,00135.

Dans une expérience remontant déjà à quelques années, un wagon à charbon a été placé sur des supports disposés de telle sorte que deux des roues reposaient sur des blocs tandis que les deux autres dont les fusées portaient des boites à rouleaux reposaient sur des roues qu'un

moteur faisait tourner par l'intermédiaire de courroies. L'essieu de ces dernières roues tournait dans des paliers fixés à des supports. Au moment de l'expérience, les boîtes avaient déjà fonctionné pendant une période correspondant à 4 500 *km*, soit 42 heures à 106 *km*, répartis sur une dizaine de jours et un autre essai avait été fait de 15 heures consécutives à 72 *km* à l'heure.

Pendant ces divers essais, la charge portée par chaque boîte était de 2 *t* en tout. Au moment de l'essai spécial, la charge fut portée à 3,25 *t*. On constata que les boîtes restaient parfaitement froides tandis qu'il était difficile de prévenir l'échauffement des coussinets des roues qui recevaient le mouvement du moteur et sur lesquelles portaient les roues du wagon. Lorsqu'on enleva les chapeaux des boîtes à rouleaux, on constata que, même après cette longue et dure épreuve, aucun des rouleaux ne présentait de trace d'usure, la surface intérieure de la boîte était en bon état et la boîte ne donnait aucune marque d'échauffement.

Un train de voyageurs de six voitures, portées sur des boîtes de ce genre, a fonctionné pendant trois ans entre Brighton et Kemp Town, en effectuant un parcours total de 112 700 *km* et on a constaté une économie de 12 à 15 0/0 dans la consommation de combustible comparativement à d'autres trains de même composition.

Les compagnies du Nord et de l'Ouest français ont en service des boîtes à roulement sur des trains rapides et le chemin de fer d'Orléans les a appliquées à un tender de locomotive; on a obtenu des résultats satisfaisants jusqu'ici.

Le chemin de fer aérien de Liverpool en a fait l'essai il y a trois ans et en étend actuellement l'emploi à la totalité de son matériel. La Compagnie du South-Eastern Ry a un train complet en service depuis plusieurs mois et fonctionnant dans les conditions les plus difficiles, comme entre axe considérable d'essieux, parcours, courbes, etc. et la Compagnie du North-Eastern a appliqué ces boîtes à une grande voiture à bogies qui est en service depuis plusieurs mois sur un parcours qui rend l'épreuve très sévère.

La Compagnie du City and South London Ry est en train de munir son matériel de boîtes à roulement. La Compagnie du Waterloo and City Ry ont également commandé de ces boîtes pour tout leur matériel.

Dans le service des tramways, l'effort de traction nécessaire pour démarrer une voiture et la maintenir à la vitesse normale est assez élevée, les chevaux en savent quelque chose. D. K. Clark, dans son ouvrage sur les tramways, évalue l'effort à 25 livres (11,3 *kg*) en moyenne par tonne, une fois la voiture en route, et à 50 livres (22,6 *kg*) pour le démarrage, c'est le double dans ce dernier cas.

Les chiffres suivants présentent de l'intérêt et proviennent d'expériences récentes. Les efforts relatifs pour démarrer une voiture de tramway sur une inclinaison de 5 0/0 sont de : 100 avec les boîtes ordinaires et 77 avec les boîtes à roulement, soit 23 0/0 de différence, sur une inclinaison de 12,5 pour 1 000, 100 et 50, différence 50 0/0 et sur une inclinaison de 7,1 pour 1 000, 100 et 39,6, différence 60,4 0/0. Ces chiffres se passent de commentaires.

Les boîtes à roulement ont été appliquées à des voitures de tramways

à chevaux avec grand avantage pour les animaux et on estime que la durée de ceux-ci se trouverait prolongée au point que la différence de dépréciation atteindrait au moins 250 francs par voiture et par an.

La Corporation de Blackpool a employé quelques voitures munies de boites à roulement et l'Ingénieur-conseil a reconnu au bout de très peu de temps que leur emploi amenait une réduction d'au moins 30 0/0 dans la dépense d'électricité.

Il y a divers moyens d'améliorer la traction animale, de manière à compenser le surcroit de dépense de premier établissement des boites à roulement pour profiter pleinement de la réduction des dépenses de service amenée par leur emploi.

1° Conserver le nombre actuel de chevaux, leur parcours et leur ration journaliers et bénéficier de l'accroissement de durée des chevaux;

2° Augmenter la vitesse de marche et bénéficier de la réduction du nombre des voitures et du personnel pour le même service;

3° Substituer des mules aux chevaux et réaliser une réduction sur le coût et la nourriture des animaux;

4° Réduire le nombre des chevaux en augmentant leur parcours journalier.

La dernière méthode est celle qui est préférable pour réaliser le bénéfice à retirer de l'emploi des boites à roulement.

Si on suppose, par exemple, une ligne de tramways de 10 *km* de longueur avec un service à dix minutes d'intervalle pendant toute la journée, avec une durée de 2 heures 20 minutes pour un parcours complet aller et retour et stationnements, il faudra 14 voitures pour faire le service et, si la première voiture quitte le dépôt à 8 heures du matin et la dernière à 9 heures 50 minutes du soir, il y aura 84 voyages par jour et le parcours total sera de 1 680 *km*. Si chaque paire de chevaux fait 20 *km* par jour, avec un jour de repos par semaine, il faudra 196 chevaux pour faire le service.

Si, par l'introduction de boites à roulement, l'effort de traction se trouve réduit de telle sorte que les chevaux puissent, sans plus de fatigue, effectuer un parcours journalier de 26 *km* avec 6 jours de repos sur 28, le nombre total de chevaux nécessaires ne sera plus que de 160, soit une différence de 30 ou 18,4 0/0, laquelle, à raison de 1 375 *f* par cheval et par an, pour nourriture et renouvellement, donne un chiffre de 49 500 *f* par an, soit 0,08 *f* par kilomètre-voiture, sans compter l'économie réalisée sur le graissage.

Les rapports du Board of Trade, pour septembre 1893, montrent qu'une économie de 0,06 *f* par kilomètre de parcours suffirait pour accroitre de 7 500 000 *f* les recettes nettes des tramways de la Grande-Bretagne et permettre à beaucoup de lignes qui ne donnent rien de distribuer des dividendes; ces rapports indiquent que le capital des lignes ainsi improductives s'élève à plus de 40 millions de francs.

Les dépenses de traction des tramways absorbent une telle proportion des recettes brutes que les économies faites sur les premières ont une influence considérable sur les recettes nettes.

La Corporation de Glasgow a des boites à roulement en service depuis

plusieurs mois. La Compagnie des Tramways de Northampton, après essai, vient d'en mettre la fourniture en adjudication, de même pour plusieurs autres compagnies.

Une des applications d'ordre général les plus intéressantes de ces coussinets est peut-être celle qui a été faite à la grande cloche de la cathédrale de Saint-Paul, le *Gros Paul*, qui, avec son joug et toutes les parties mobiles, pèse environ 25 *t* et donnait lieu à des difficultés considérables pour sa mise en mouvement lorsqu'il était monté sur coussinets ordinaires. Deux grands supports de ce genre sont actuellement en montage pour l'arbre d'un puissant ventilateur dans une houillère du nord de l'Angleterre.

On va entreprendre une série d'expériences pour obtenir le coefficient de frottement des paliers à roulements comparés aux paliers ordinaires; certaines personnes prétendent que, si le frottement au départ est moindre, le frottement en marche est plutôt accentué.

Voici, en attendant, les résultats de quelques essais faits à Darlington et qui montrent que l'avantage des boites à roulement est de plus en plus grand à mesure que la charge augmente.

Le premier essai a été fait sur deux trucks vides pesant 3 300 *kg* chacun, l'un ayant des boites à roulement, l'autre des boites ordinaires. On les a laissé descendre du point de départ sur un plan incliné et on a mesuré avec soin la distance et la différence de niveau des points d'arrivée et de départ. Ces éléments permettaient de calculer l'effort de propulsion et la résistance par tonne.

On a trouvé que, pour le truck avec boites à roulement, la résistance par tonne était de 2,74 *kg*, en moyenne et, avec l'autre truck, 8,10 *kg*, soit 1 à 2,9. On a ensuite chargé les trucks de 5 *t*, ce qui a fait un poids total de 8 300 *kg* pour chacun; on a trouvé, pour le premier, une résistance par tonne de 2,51 *kg* et, pour le second, de 8,74 *kg*, rapport 1 à 3,67.

Les wagons ont été ensuite chargés à 10 *t*, ce qui donnait un poids total de 13 300 *kg* ; la résistance par tonne a été de 2,62 *kg* pour les boites à roulement et de 10,23 *kg* pour les boites ordinaires, rapport 1 à 3,9.

Il est peut-être prématuré d'indiquer des chiffres pour la dépense d'entretien des boites à roulement, mais on peut prévoir que, si ces appareils sont bien établis et avec des matières convenables, ces dépenses seront très faibles: 100 000 *km* de parcours sur chemins de fer et trois ans de service sur tramways, avec une usure insignifiante, sont des résultats qui promettent beaucoup.

La communication de M. Marshall a été suivi d'une discussion.

M. Jeremiah Head considère comme hors de doute que l'emploi des coussinets à roulement soit un progrès très sérieux au point de vue mécanique.

Il est de première importance, pour la réussite de dispositions de ce genre que les surfaces en contact soient excessivement dures parce que la charge exercée par l'essieu ou l'arbre se reporte sur de simples génératrices qui n'ont pas de surface appréciable, à l'inverse de ce qui a lieu avec les coussinets ordinaires. Il est également très important que les

rouleaux soient maintenus rigoureusement parallèles entre eux. M. Marshall n'a pas expliqué si ces rouleaux fonctionnaient absolument à sec ou si on les lubrifiait dans une certaine mesure ; quoi qu'il en soit, les 12,5 à 15 0/0 de réduction d'effort de traction qu'il a annoncés représentent un chiffre très sérieux. Il est probable qu'on peut réaliser facilement cette réduction tant que les appareils seront neufs ; toute la question est de savoir si on la conservera après un service un peu prolongé.

M. Head se rappelle avoir vu aux ateliers Ransome construire des ponts tournants pour la Clyde ; ces ponts tournaient sur des galets, il suffisait d'un effort très modéré pour les manœuvrer.

M. Woodcock, en réponse aux observations précédentes, dit qu'il y aurait certainement grand avantage à employer des rouleaux et des boites trempées, mais, dans le service des chemins de fer, il a une prévention contre l'emploi des pièces trempées. M. Dean a cependant employé des boites de ce genre trempées. Quant à la question du lubrifiage, on a trouvé nécessaire de mettre de l'huile, non pour réduire le frottement, mais pour prévenir l'oxydation des pièces. La proportion d'huile employée varie beaucoup suivant les cas.

Les coussinets à roulement ont été appliqués récemment à un grand ventilateur à la houillère de Walbottle et les résultats ont été des plus satisfaisants. Les anciens coussinets chauffaient dès qu'on marchait à 25 ou 30 tours ; avec les coussinets à roulement, on obtient sans inconvénient 75 à 80. Une expérience très simple montre la réduction de frottement : après suppression de la vapeur, le ventilateur s'arrêtait au bout d'une demi-minute avec les anciens coussinets ; il tourne encore 15 ou 20 minutes avec les nouveaux, les vitesses initiales étant de 25 à 30 tours dans le premier cas et de 75 à 80 dans le second.

M. Stevenson pense que, pour le service des mines, la seule application intéressante des boites à roulement serait aux wagonnets du fond et il est à craindre que la boue ne leur fût plus nuisible qu'elle ne l'est aux boites ordinaires. Il pense que M. Marshall a exagéré la résistance des wagons de chemins de fer en lui attribuant des valeurs aussi élevées que 13 *kg* par tonne. Cette résistance ne dépasse pas 3,5 *kg* et celle des wagonnets de mine 2,5 *kg*.

M. Marshall dit que c'est à l'habileté mécanique de M. Woodcock qu'est dû le succès des boites qui ont fait l'objet de sa communication. La difficulté qui avait jusqu'ici empêché les appareils de ce genre de réussir était celle de maintenir les rouleaux parallèles. La disposition de cage imaginée par M. Woodcock a parfaitement résolu le problème. Quant à ce qui concerne la réduction de l'effort de traction, rien ne la met mieux en lumière que ce fait qu'au chemin de fer aérien de Liverpool, on traine avec les boites à roulement trois voitures contre deux précédemment avec le même effort.

Historique du développement de la machine de navigation aux États-Unis. — M. Ch. H. Haswell a lu le 1er avril dernier devant l'*Institution of Naval Architects*, une très intéressante communication sur le développement de la machine de navigation aux

États-Unis, de 1807 à 1890, dans laquelle on trouve des renseignements inédits ou très peu connus.

Les premières machines de bateaux, c'est-à-dire celles construites antérieurement à 1822, étaient du type vertical avec traverse commandant des bielles en retour actionnant l'arbre des roues, soit directement, soit par l'intermédiaire d'engrenages, auquel cas l'arbre de la machine portait à ses extrémités des volants, le cylindre était unique; dans l'un et l'autre cas, on pouvait débrayer l'arbre de la machine de ceux des roues pour faire tourner la machine seule dans le but d'alimenter la chaudière ou d'épuiser la cale parce qu'à cette époque on ne connaissait ni les petits chevaux, ni les pompes de cale indépendantes, etc. On employait des soupapes pour l'admission et l'échappement avec la commande à main de Beighton, ou bien un tiroir long mû par un excentrique.

Ce type de machines, avec la traverse, les bielles pendantes, les manivelles et les arbres en fonte, les manivelles ayant les trous pour placer les axes venus de fonte, fut exclusivement employé jusque vers 1822 (1), époque à laquelle la machine à balancier supérieur fut introduite, ainsi que la machine à cylindre horizontal ou incliné; on revint pour ces machines à l'emploi du tiroir court, excepté dans les eaux du Sud et de l'Ouest où les soupages mues par des cames furent exclusivement employées.

Les chaudières, à l'exception des toutes premières en très petit nombre d'ailleurs qui étaient cylindriques et placées dans des foyers en maçonnerie, étaient en cuivre et de la forme dite en D ou en rognon, avec un seul foyer de toute la largeur de la chaudière, d'où la flamme et les gaz chauds pénétraient dans un conduit circulaire ayant un diamètre des deux tiers à peu près de la largeur de la chaudière dans une chambre située à l'arrière de celle-ci d'où ils revenaient par un carneau de retour dont la section affectait à peu près la forme d'un rognon, d'où le nom donné à ces chaudières, un conduit vertical très court aboutissait à la base de la cheminée. La forme concave donnée à la partie inférieure du carneau dont nous venons de parler avait pour objet de donner plus de résistance contre la pression extérieure; la pression dans ces chaudières ne dépassait pas une atmosphère effective; sur les cours d'eau du Sud et de l'Ouest, où on ne pouvait employer que

(1) Nous aurions mauvaise grâce à vouloir paraître rectifier ce que dit M. Haswell, un vétéran de la marine américaine dans laquelle il était déjà Ingénieur en chef en 1850, mais il nous paraît intéressant de rappeler que la machine du *Fulton I^er^* ou *Demologos*, le premier vaisseau de guerre construit et qui date de 1815, avait un cylindre unique incliné de 1,22 *m* de diamètre et 1,525 *m* de course commandant directement par bielle et manivelle l'arbre d'une roue à aubes placée au centre de la coque. Ce navire, fortement armé, construit à cause de la guerre entre les États-Unis et l'Angleterre, devint inutile à la suite de la paix signée à Gand en 1815. Il resta amarré comme magasin flottant dans le port de New-York où il fut détruit en 1829 par une formidable explosion qui fit de nombreuses victimes. Le rapport de la commission d'enquête sur la catastrophe déclare que celle-ci ne peut recevoir aucune explication si on ne fait pas intervenir la malveillance. On trouvera dans l'ouvrage de Stuart *Naval and Mail Steamers of the United States*, auquel nous empruntons ces renseignements, des détails intéressants sur ce premier navire de guerre. Il y est dit notamment que la température des chambres de chauffe atteignait la température excessive de 47° C. On constate bien d'autres chiffres aujourd'hui.

des machines sans condensation à cause, paraît-il, de la nature limoneuse de l'eau, on employait des chaudières en fer de forme cylindrique, généralement chauffées intérieurement, mais quelquefois extérieurement ; les tôles étaient assemblées par des rivets mis à froid. Ce ne fut que vers 1820 qu'on commença à se servir de tôle de fer pour les chaudières dans l'Est.

Les tôles étaient poinçonnées avec un outil pressé par un long levier de bois sur lequel appuyaient de toute leur force quatre hommes et comme la place du trou était réglée plus ou moins exactement par l'œil de l'ouvrier, les trous étaient à un écartement très irrégulier nécessitant l'intervention énergique de broches pour ramener les trous à peu près en face les uns des autres; les tôles se trouvaient ainsi fatiguées et les rivets obliques; ces rivets étaient fabriqués à la main. Dans l'Est l'habitude était de les poser à chaud.

Ce n'est que lorsque la navigation eût fait des progrès qu'on commença à mettre aux chaudières des robinets d'extraction. Ce fut probablement vers 1822. A la mer, avec les faibles pressions en usage, on n'avait pas à faire de fréquentes extractions, et, comme les trajets étaient courts, on se contentait de vider les chaudières à la fin du voyage et de les remplir avec de l'eau douce. Il n'en arrivait pas moins souvent que, si on négligeait par trop les extractions, les chaudières se chargeaient de dépôts qu'on ne pouvait enlever qu'au ciseau et au marteau. Les enveloppes de feutre sur les chaudières étaient inconnues.

Les trous pratiqués dans les manivelles pour recevoir les bouts de l'arbre avaient la forme octogonale ; on les fixait avec des clavettes plates et on remplissait l'intervalle de mastic fait avec de la limaille de fonte et du sel ammoniac, et comme la longueur du bras de la manivelle pouvait, par suite du retrait de la fonte ou du dérangement des noyaux ne pas correspondre exactement avec la moitié de la course prévue pour le piston, on avait l'habitude de faire le bouton de manivelles avec deux axes, l'un pour la partie recevant la tête de bielle, l'autre pour la partie entrant dans le trou de la manivelle. Grâce à l'excentricité ainsi produite, il suffisait de faire tourner plus ou moins le bouton pour arriver à la position convenable à laquelle on le maintenait par une clavette transversale traversant son extrémité et prise dans une entaille pratiquée dans la face extérieure de la manivelle.

Les moyens d'ajustage étaient si primitifs, — on n'avait que des tours et des machines à percer très peu perfectionnés — que le plus possible du travail se faisait à chaud, c'est-à-dire de fonte ou de forge.

La bielle motrice d'une grande machine à balancier pour le bateau le *Victory* était entièrement faite à la forge, le corps était dressé avec des étampes, les mortaises des clavettes faites à chaud, les brides de serrage des coussinets de même, tout au plus dressait-on grossièrement les surfaces avec une forte lime.

Les pistons avaient des garnitures en chanvre et si on n'avait pas la précaution de soulever la soupape de sûreté avant le départ, la vapeur se surchauffait autour du carneau vertical aboutissant à la cheminée au point de charbonner le bois garnissant les intervalles des nervures du piston et sa garniture en chanvre.

Les compteurs de tours, les indicateurs, les pompes d'extraction, les manomètres et indicateurs du vide, les garnitures métalliques, les sifflets, les graisseurs, à l'exception de celui qu'on plaçait sur le couvercle du cylindre, pour lubrifier le piston au moment où le vide se produisait dans le haut du cylindre, étaient complètement inconnus.

La détente était opérée par une came placée sur l'arbre des roues; cette came actionnait un papillon placé dans le tuyau de vapeur à une certaine distance de l'organe de distribution, de sorte que la vapeur comprise entre les deux se détendait sans effet utile. On opéra ainsi jusqu'à ce que L. Stevens, de Hoboken, introduisit avec succès son système, consistant à opérer la détente par les organes mêmes de distribution.

Vers 1824, James P. Allaire construisit le bateau *Henry Eckford*, avec une machine compound verticale à bielles pendantes, dont les deux cylindres, placés l'un devant l'autre, actionnaient chacun un arbre, ces deux arbres étant reliés par engrenages à l'arbre des roues. Les deux cylindres avaient leurs mouvements opposés. Après et jusqu'en 1828, ce constructeur fit cinq autres bateaux, le *Sun*, le *Commerce*, le *Swiftsun* et le *Pilot-Boy*, avec des machines semblables à la précédente, et le dernier, le *Post-Boy*, avec une machine verticale à balancier, avec les cylindres aux deux extrémités de ce balancier; mais comme ces machines ne fonctionnaient qu'avec de la vapeur à 1,75 *kg* de pression, le bénéfice ne valait pas les inconvénients du poids et du prix plus élevés de ces machines, et on y renonça.

En 1827, le même James P. Allaire imagina ce qu'on a appelé *steam chimney*, littéralement cheminée à vapeur. Cet appareil était composé de deux cylindres en tôle placés l'un dans l'autre, avec un intervalle de 125 *mm* environ entre deux, fermé aux deux extrémités. Un diaphragme vertical placé dans l'intervalle, suivant un plan diamétral, divisait en deux la capacité annulaire et ce diaphragme ne descendait pas jusqu'en bas. Des tuyaux convenablement disposés amenaient la vapeur et la faisaient sortir, le récipient en question étant placé verticalement à la base de la cheminée. Il servait de séparateur de l'eau entrainée qui était précipitée au fond par le changement brusque de direction de la vapeur, et de plus cette eau était vaporisée par le calorique des gaz chauds entrant dans la cheminée, et on obtenait à la fois de la vapeur sèche et une certaine économie de combustible.

Mais en réalité cet appareil n'avait qu'une médiocre efficacité, car les chaudières de l'époque ne donnaient pas d'entrainement d'eau sensible, ayant un grand volume d'eau, une surface de niveau considérable et un taux de combustion modéré: on brûlait du bois avec tirage naturel.

En 1828, la machine d'un grand steamer, le *Chief Justice Marshall*, pendant un trajet de New-York à Albany, fut en partie démolie par la rupture de la tige du piston a sa jonction avec la traverse; celle-ci, les deux bielles pendantes et une des manivelles furent brisées. En quatre jours, on fondit les pièces à remplacer sur les modèles du constructeur, on répara la tige du piston et la machine fut mise en état de reprendre son service.

Il est à remarquer que, dans ces machines, l'œil de la manivelle

n'était point alésé et les mortaises des chappes des têtes de bielles n'étaient point mortaisées, toutes ces parties étaient grossièrement ajustées à la lime.

Les premiers manomètres qu'on plaça sur les chaudières de bateaux étaient formés d'un tube de fer de 12,5 *mm* de diamètre et de 1,22 *m* de longueur, recourbé en forme d'U; ce tube contenait du mercure, une des branches était en communication avec la vapeur de la chaudière et l'autre contenait, reposant sur le mercure, une baguette de bois de sapin dont l'extrémité, se déplaçant contre une planchette divisée, indiquait la pression de la vapeur en livres par pouce carré.

Jusqu'à la fin de 1829, la navigation à vapeur fut limitée au détroit de Long-Island, aux rivières du Sud et de l'Ouest et aux lacs et fleuves Canadiens; on ne compte, en dehors, que quelques traversées d'essai, telle que celle du *Phœnix*, de New-York à Philadelphie, en 1807, une autre à la Havane et à Matanzas, une de Charleston à Savannah, et le voyage transatlantique effectué, en 1819, par le vapeur auxiliaire *Savannah*, de 380 *tx*, du port de ce nom à Liverpool; c'est le premier steamer qui ait traversé l'Atlantique.

En 1825, Mowatt frères, propriétaires du vapeur *Henry-Eckford*, lui firent remorquer une barque chargée de New-York à Albany; ce fut le premier essai de remorquage par la vapeur (1), et en dépit des prédictions sinistres faites sur l'avenir de cette entreprise, elle réussit parfaitement.

En 1826, John C. et Robert L. Stevens disposèrent un ventilateur soufflant sous les grilles des chaudières du vapeur *North-America*.

En 1829, la lutte pour la vitesse entre les bateaux faisant le service sur l'Hudson, entre New-York et Albany, était si vive que, pour faire les machines plus puissantes, on était arrivé à faire des balanciers si lourds et à les placer à une si grande hauteur au-dessus du pont, que la stabilité des bateaux se trouvait sérieusement compromise. Pour améliorer cette situation, on fut conduit à suspendre sous les élongis extérieurs des tambours des roues, de gros troncs de pins appointis aux deux extrémités; ces troncs plongeaient dans l'eau sur la moitié de leur diamètre et, jouant le rôle des balanciers des pirogues des mers des Indes, donnaient au bateau la stabilité qui lui manquait.

En 1830, la patente de la cheminée à vapeur d'Allaire tomba et on multiplia l'emploi de cet appareil en le simplifiant; il fit partie de la construction même de la chaudière et on lui donnait une grande hauteur, de sorte qu'il jouait le rôle d'un véritable surchauffeur.

On ne connaissait pas les gongs pour prévenir les mécaniciens dans les chambres des machines, et le pilote qui se tenait sur le pont se contentait de frapper sur celui-ci avec une canne ou un bâton. Les bateaux avaient des cloches pour annoncer le départ et l'arrivée et s'en servaient pour saluer les autres bateaux à la rencontre. Lâcher de la vapeur,

(1) Il existait antérieurement à cette date des services de remorquage sur la Seine, la Garonne et probablement sur bien d'autres rivières d'Europe. Un bateau à vapeur avait été construit, avant 1820, par la Compagnie Pajol, pour servir de remorqueur entre Paris et Rouen.

dans ce cas, comme on a fait depuis avec les sifflets, était pris pour un défi ou une insulte.

Jusqu'en 1836, on ne brûlait que du bois de pin; à cette époque, les propriétaires de bateaux à vapeur commencèrent à envisager la convenance de brûler de l'anthracite et expérimentèrent ce combustible. Pour un parcours de six heures ou plus, on était obligé, les chambres de chauffe ne pouvant contenir assez de bois, d'en mettre ailleurs, et les bateaux qui faisaient de longs parcours, par exemple de New-York à Providence, devaient empiler des bûches sur leur pont, de manière à ressembler, au départ, à des chantiers de bois flottants.

En 1836, James P. Allaire plaça sur la ligne de New-York à Charleston un bateau de rivière de construction légère, avec salon extérieur et pont de promenade au-dessus, le *David-Brown*, entreprise que tout le monde déclarait impraticable. Elle réussit cependant et peu après Allaire construisit deux autres bateaux plus grands pour le même service ; depuis cette époque, on considéra la navigation le long des côtes comme si pratique qu'on établit des services sur beaucoup d'autres ports. Le *David-Brown* en prévision de la nature du service qu'il avait à faire, avait ses tambours de roues reliés à la coque par des planchers formés de pièces jointives et calfatées qui consolidaient les tambours contre les chocs des vagues. Cette construction plus ou moins modifiée est encore en usage et constitue ce qu'on appelle en anglais *sponsons* (en français jardins de tambours). Quelquefois ces parties étaient faites à claire voie.

1837. — Le premier bateau à hélice fut introduit aux Etats-Unis (1).

1838. — Phineas Bennet inventa, patenta et construisit pour le bateau à vapeur *Novelty*, naviguant sur l'Hudson, une chaudière cylindrique verticale ayant un foyer clos dans lequel l'air était refoulé par une pompe de compression et les produits de la combustion passaient dans la chambre de vapeur de la chaudière. L'objet était l'accroissement de puissance de la chaudière et une meilleure utilisation du combustible. Après un essai de courte durée, cette chaudière fut mise de côté.

Peu après, le même inventeur plaça des chaudières du même genre sur un bateau construit pour faire le service entre New-York et Liverpool. Les conditions faites par lui étaient que, si les appareils réussissaient, on les lui paierait avec une indemnité pour son temps, mais que, dans le cas contraire, il les enlèverait à ses frais sans rien recevoir. Les machines et chaudières furent installées et mises en marche, mais les chaudières durent être enlevées et remplacées par d'autres et, par suite, les machines qu'on conserva ne furent pas payées par le constructeur du navire. Les difficultés provenaient des cendres qui passaient dans les boites à tiroirs et les cylindres et de la combustion des huiles par la chaleur excessive, de sorte que les pistons et tiroirs s'usaient si rapidement qu'alors même que le système aurait réussi par ailleurs, il n'aurait jamais été bien pratique.

(1) Cette date paraît prématurée car le premier bateau à hélice qui ait fonctionné, celui d'Ericsson, ne fut essayé dans la Tamise qu'en mai 1837 et le suivant, le *Robert-Stockton* également construit en Angleterre sur les plans d'Ericsson fut envoyé aux Etats-Unis en 1839 seulement.

Le capitaine John Ericsson arriva cette année-là à New-York et, en 1842, il fit les plans et dirigea la construction de la machine et du propulseur de la corvette à hélice de la marine des Etats-Unis le *Princeton* (1).

1839. — On introduisit l'usage de l'anthracite comme combustible ; on se servait pour aider à la combustion d'une insufflation d'air sous la grille par un ventilateur mû par l'arbre des roues au moyen d'une courroie ; ensuite on fit mouvoir ce ventilateur, toujours par courroie, par une petite machine indépendante. Mais bientôt on reconnut qu'il était possible de brûler l'anthracite sur les grilles des chaudières sans autre aide que celle du tirage naturel.

1840. — On commença à faire des arbres en fer, mais par des procédés différents de ceux d'aujourd'hui. On employait des barres carrées de 65 à 75 *mm* de côté et de la plus grande longueur possible ; on les juxtaposait avec les joints croisés. Ces arbres avaient une très grande résistance et, sur les arbres faits à cette époque, on ne cite qu'un cas de rupture dû à l'insuffisance de la section qui était moindre que celle portée au projet.

1842. — Les premières frégates à vapeur furent faites pour la marine des Etats-Unis.

1846. — Le capitaine John Ericsson appliqua son condenseur à surface à la machine d'un vapeur de la douane et, en 1848, Pirsson introduisit un condenseur amélioré qui fut lui-même perfectionné par le mécanicien en chef de la marine des Etats-Unis, William Sewell ; les condenseurs de ce système sont actuellement d'un emploi à peu près général.

1848. — L'*Atlantic* et le *Pacific* de la ligne Collins de New-York à Liverpool furent construits cette année et, en 1850, le *Pacific* fit le passage le plus rapide encore effectué entre New-York et Liverpool, en 10 jours et 15 heures. L'*Arctic* et le *Baltic* de la même Compagnie furent mis à l'eau cette même année.

1850. — Il est tout à fait impossible de connaître la consommation de combustible par cheval dans cette période, les machines n'étant pas pourvues d'indicateurs. En 1840, avec le tirage activé par des ventilateurs, on peut admettre que la consommation la plus favorable était de 2,25 *kg* par cheval. La vitesse des bateaux de rivière qui ne dépassait pas 13,5 *km* à l'heure en 1816 était passée à 30 *km*.

Déplacement d'une station de chemin de fer. — Les déplacements de bâtiments ne sont plus aujourd'hui des faits très rares. En voici un nouvel exemple qui a fait l'objet d'une communication récente de M. R.-E. Johnston devant l'*Institution of Civil Engineers*.

Il s'agit du bâtiment des voyageurs de la station de Frodsham située

(1) On sait que la machine du *Princeton* était caractérisée par l'emploi de pistons rectangulaires oscillant autour d'un de leurs côtés. Malgré cette disposition singulière, cette machine qui d'ailleurs ne fut pas reproduite, fonctionna assez bien pour que, la coque du navire établie avec des bois neufs s'était trouvée promptement mise hors de service par la pourriture, on l'ait transportée sur une autre coque construite pour remplacer la première.

sur la ligne de jonction du Great Western et du London and North Western entre Chester et Warrington. L'augmentation progressive du trafic avait rendu cette station, établie il y a 40 ans, tout à fait insuffisante et il était urgent d'y apporter un remède. On décida de faire une nouvelle gare à marchandises sur le côté de la voie montante et de porter à 3,60 *m* la largeur de la plate-forme ou quai sur le côté de la voie descendante, largeur qui n'était, dans la partie où le bâtiment des voyageurs se rapprochait le plus de la voie, que de 1.80 *m*. Il était donc nécessaire de déplacer ce bâtiment pour accomplir la seconde partie du programme.

Le bâtiment en question contenait une salle d'attente, le bureau de distribution des billets et une pièce pour le service, avec le logement du chef de station au-dessus ; les dimensions étaient 15,6 *m* en longueur et 7 *m* de largeur dans le sens perpendiculaire à la voie.

La présence d'une tranchée taillée dans le roc à un bout de la station et celle d'un pont faisant passer le chemin de fer au-dessus d'une route à l'autre empêchaient de songer au déplacement de la voie. On aurait pu, il est vrai, démolir le bâtiment des voyageurs et le reconstruire plus loin, mais il aurait fallu établir des installations provisoires ; on trouva, après examen, que la meilleure solution consistait à déplacer ce bâtiment en le faisant glisser sur une plate-forme en bois établie à un niveau convenable au-dessous du sol.

Le bâtiment était construit en briques avec des cadres en pierre de taille autour des ouvertures. On pratiqua d'abord une excavation au-dessous du plancher pour permettre d'enlever les terres et faire une fouille suffisante pour placer les bois constituant la plate-forme de glissement, puis on fit dans les murs des ouvertures pour passer les longrines qui devaient supporter le poids de la construction et reposer sur la plate-forme. Les portions de maçonnerie laissées entre ces ouvertures soutenaient le bâtiment jusqu'à l'achèvement de l'échafaudage qui devait le supporter pendant le déplacement. On avait, bien entendu, fait les ouvertures dont nous venons de parler à des endroits convenables en tenant compte de la position des portes et des fenêtres et de manière à répartir la charge à peu près uniformément sur les points d'appui.

La plate-forme de glissement fut installée sous le bâtiment et se prolongea au dehors jusqu'à la distance où celui-ci devait être transporté. Cette plate-forme était formée de pièces de bois ayant déjà servi, de 0,250 *m* × 0,125 *m* coupées par bouts de 0,915 *m* et sur lesquelles reposaient les longrines principales de 0,250 *m* en carré et de 11 *m* environ en longueur ; ces longrines étaient au nombre de 22. Les traverses étaient scellées dans le sol. Sur les grandes longrines, on a placé les coulisses formées de planches de chêne de 0,100 de largeur sur 25 *mm* d'épaisseur et de la même longueur que les longrines ; sur ces coulisses étaient placées transversalement, écartées de 0,82 *m* d'axe en axe, des pièces de chêne de 0,30 × 0,10 *m* de section et de 0,915 *m* de longueur. Les faces en contact des glissières et de ces traverses étaient rabotées avec soin, car c'est entre elles que le glissement devait se produire. Les traverses portaient des blocs de 0,30 *m* de côté sur lesquels reposaient les semelles soutenant le bâtiment. Toutes les précautions étaient prises pour éviter

le fléchissement local des longrines, ce qui aurait amené des dénivellations et des fissures ou même des dommages plus graves à la construction.

Lorsque toute l'installation qui vient d'être décrite fut terminée, on démolit les piliers de maçonnerie qui portaient encore le bâtiment et celui-ci reposa entièrement sur le chariot. On nettoya avec soin les glissières et on les graissa avec de la graisse ordinaire de char. Le déplacement de la masse qui pesait environ 400 *t* s'effectua sous la poussée de 11 vérins du genre de ceux qui servent à soulever les locomotives et qui avaient été obligeamment prêtés par M. F. W. Webb. Ces vérins étaient placés horizontalement et appuyés sur des pièces de bois reposant contre le mur du quai, la terre entre ce mur et le bâtiment ayant été préalablement enlevée et leur tête portait contre les semelles supportant la construction. Deux hommes manœuvraient chaque vérin au moyen d'une barre de 1,50 *m* de longueur, faisant faire à la vis un quart de tour à chaque fois.

Pour que l'avancement se fit d'une manière égale, tous les hommes faisaient mouvoir les leviers à la fois à un signal donné par le contremaître qui dirigeait l'opération. On continua ainsi jusqu'à ce que le bâtiment fût arrivé à l'emplacement déterminé à l'avance et sur les fondations qui avaient été préparées.

Le déplacement fut opéré un dimanche, pour que l'opération ne fut pas gênée par le trafic, le nombre des trains étant très réduit ce jour-là.

La durée de la translation depuis le moment où les vérins furent mis en place jusqu'à celui où le bâtiment fut arrivé à son emplacement définitif fut de 11 heures, mais plus des trois-quarts du temps fut employé à ramener les vérins à fond de course et à placer des cales pour la nouvelle course. L'opération s'accomplit sans aucune difficulté et sans aucun dommage au bâtiment ; il n'y eut pas un carreau de cassé et l'horloge ne s'arrêta pas, quoiqu'elle fut posée sur un des murs principaux. On établit une maçonnerie de briques entre la construction et les nouvelles fondations et on enleva les pièces de bois sur lesquelles reposait la première.

Les bois appartenaient à la Compagnie ; il n'y a pas eu de dépense de ce chef ; la main-d'œuvre et les fournitures ont coûté en tout 7 825 *f* ce qui représente en nombre rond 10 *f* par mètre cube du bâtiment. On peut donc considérer le résultat comme très satisfaisant, car on n'aurait pas pu construire un bâtiment neuf pour cette somme, sans compter la gêne pour le trafic qu'aurait amenée la reconstruction. Un fait curieux, est que la distribution des billets a continué de se faire dans le bâtiment de la station pendant sa translation.

Déplacement d'une grande construction. — Nous allons donner la description d'une opération analogue à la précédente, mais effectuée sur un bâtiment beaucoup plus important et dans laquelle il a été introduit une méthode nouvelle pour le déplacement de l'ensemble du bâtiment et du chariot de glissement sur lequel il était monté.

Il s'agit d'une construction située à New-York, dans Elm-street et qu'il était nécessaire de reculer de près de 10 *m* en vue de l'élargisse-

ment de la rue. C'était un bâtiment à cinq étages de 22,87 *m* de façade sur 7,60 *m* de profondeur dont le poids était d'au moins 2 millions de kilogrammes.

On a, comme d'habitude, placé sous les murs entaillés à cet effet des longrines de 0,305 *m* de côté et 24 *m* de longueur reposant sur des traverses lesquelles portaient elles-mêmes sur des longrines que nous appellerons C pour les faire reconnaître, celles-ci reposant sur le sol par l'intermédiaire de traverses. C'est entre les longrines C et les murs du bâtiment que se trouvaient les vérins nécessaires pour soulever la construction à l'effet de passer les pièces de bois et aussi, comme on le verra plus loin, de relever le bâtiment d'une manière permanente. Une fois l'installation faite, voici comment on procéda pour le déplacement.

Des chaines furent attachées aux longrines et vinrent se réunir au centre d'une sorte de palonnier sur lequel se trouvaient accrochées des poulies moufflées avec autant de poulies attachées à une forte traverse ancrée dans le sol. Ce système était double, un des palonniers portant 4 palans et l'autre 3, total 7 palans ; 4 câbles s'enroulant sur autant de treuils mettaient en mouvement le système.

Il a fallu deux jours et demie à raison de 9 heures de travail par jour pour effectuer l'opération consistant, comme nous l'avons dit, à reculer le bâtiment de 9,75 *m* et à le surélever de 0,20 *m*. Ces détails sont donnés avec figures dans l'*Engineering News*.

Combustion spontanée des briquettes. — Le journal de l'*Union centrale des Associations prussiennes d'inspection des chaudières à vapeur* a donné un article sur la combustion spontanée des briquettes, où il cite plusieurs cas d'inflammation sans cause extérieure de briquettes exposées longtemps aux rayons du soleil.

Ces faits ont donné lieu à des discussions, notamment dans le journal *Gluckauf* où on a fait observer qu'ils ne s'étaient jamais produits dans le district de la Ruhr.

L'auteur de ce dernier article admet certains cas d'inflammation ; par exemple, on a l'habitude au sortir de la presse, où les briquettes ont encore une température assez élevée, de les arroser d'eau pour les refroidir avant leur chargement en wagons et on les laisse assez longtemps pour que le refroidissement se propage jusqu'au centre ; si, pour une raison ou pour une autre, on les expédie avant refroidissement complet. il peut arriver que l'inflammation se produise pendant le transport sous l'influence de certaines circonstances. Mais il ne croit pas à la combustion spontanée de briquettes froides, du moment où, bien entendu, le charbon qui compose les briquettes a été purgé de pyrites ou matières analogues et cela d'autant plus qu'une partie des substances les plus volatiles a été enlevée pendant les opérations de la fabrication des briquettes.

Bas tarifs de chemins de fer. — D'après des renseignements dignes de foi, le grain est actuellement transporté de Chicago à New-York à raison de 1,10 à 1,30 *f* par tonne. Ce prix est inférieur au tarif de 8 pence par bushel perçu entre New-York et Liverpool. Si on admet

que la distance de Chicago à New-York est de 1,600 *km*, le tarif ci-dessus ressort à moins d'un millième, 0.0008 *f* par tonne et par kilomètre. Mais ce n'est pas tout. Le prix moyen de 1,20 *f* par tonne comprend un droit de 0,30 *f* par tonne pour transbordement dans le port de New-York, de sorte, que le prix de transport proprement dit est de *6 centièmes de centime* par tonne et par kilomètre.

Les journaux anglais qui citent ce fait disent qu'on ne connait pas d'exemples de prix aussi bas pour transport par chemins de fer, et on peut s'étonner de voir des Compagnies accepter des transports à un taux qui est certainement très inférieur à la dépense réelle.

Il est à remarquer que ce prix est encore inférieur au prix extrêmement réduit auquel on transporte actuellement par eau le charbon du lac Erié à l'entrée du lac Supérieur et qui est de 20 cents la tonne, cela fait 45 milles pour 1 cent ou environ 7 centièmes de centime par tonne et par kilomètre et ce prix s'explique par le désir d'éviter le retour à vide des bateaux qui apportent des minerais.

Utilisation des tourbières pour la production de l'électricité. — Le *Stahl und Eisen* contient un article dans lequel l'auteur, le Dr Frank, propose de transformer les grands marais tourbeux de l'Allemagne du Nord en stations centrales pour la production de l'électricité sur une grande échelle. Il estime qu'un hectare de tourbières, sur 3 *m* d'épaisseur moyenne, peut donner 2 500 *t* de tourbe sèche, équivalent de 1 200 *t* de charbon. Les marais à tourbe de la vallée de l'Ems, qui ont une superficie de 2 600 km^2, pourraient donc fournir 650 millions de tonnes, soit l'équivalent de 300 millions de tonnes de houille, c'est-à-dire pendant plus de trois ans la production annuelle de houille de l'Allemagne, qui est de 80 à 85 millions de tonnes.

Pour éviter les frais de transport qui seraient onéreux, on établirait sur place des stations centrales de 10 000 *ch* dont chacune consommerait par an 200 000 *t* de tourbe, soit la production de 80 *ha*. La force ainsi produite en énergie électrique serait utilisée de diverses manières; on en trouverait l'application presque immédiate au service du canal de Dortmund à l'Ems qui sera terminé prochainement, mais l'auteur pense que l'utilisation la plus interessante serait la production de l'acétylène pour laquelle on trouverait les éléments facilement et à bon marché dans les environs. Avec 10 000 *ch*, on peut obtenir par jour une quantité d'acétylène équivalant comme éclairage à 700 000 *l* de pétrole et par an la valeur de 20 000 *t* de pétrole importé de l'étranger.

Les établissements d'enseignement technique aux États-Unis. — Un rapport de M. E. Wadsworth, président du collège des Mines du Michigan, lu à la réunion au lac Supérieur de l'*American Institute of Mining Engineers*, donne d'intéressants détails sur les établissements d'enseignement technique aux États-Unis. On y trouve notamment une liste des établissements qui ont plus de 50 élèves suivant les cours dans une ou plusieurs des quatre branches : construction, mécanique, électricité, mines. Ces établissements sont au nombre de 26. Le nombre d'élèves dans chacune des branches est donné pour chacun d'eux pour toutes les années comprises entre 1886-87 et 1896-97.

Nous ne reproduirons pas ces chiffres qui forment un tableau très étendu et qui ne présenteraient pour nos lecteurs qu'un médiocre intérêt; nous nous bornerons à donner les totaux des élèves qui ont suivi les cours de ces établissements dans les quatre derniers exercices.

	1893-94	1894-95	1895-96	1896-97
Constructions	1 356	1 350	1 236	1 158
Mécanique	1 841	1 882	1 898	1 760
Électricité	1 621	1 772	1 938	1 628
Mines	216	251	244	331
TOTAUX	5 034	5 255	5 316	4 877

On remarque une diminution sensible dans les effectifs totaux; de plus cette diminution existe dans tous les établissements sauf deux, le Collège des Mines du Michigan qui a eu 140 élèves en 1896-97 contre 94 pour l'exercice précédent et l'Université de Californie qui a eu pour ces deux exercices respectivement 293 et 244 élèves. Il semble, d'après les chiffres qui précèdent, que les études relatives à l'exploitation des mines redeviennent en faveur.

Installations d'air comprimé pour les mines. — L'emploi des transmissions de force par l'air comprimé sont très en faveur aux Etats-Unis et on y applique des dispositions intéressantes. En voici deux exemples que nous trouvons dans les journaux américains.

La North Star Mining Company, en Californie, a fait en 1895 une installation avec force hydraulique dans les conditions suivantes.

L'eau était fournie par une conduite de 0,500 *m* de diamètre en tôle d'acier de 8 *km* de longueur avec une charge de 235 *m* d'eau. Ce débit représente une force de 10 000 *ch*.

L'eau agissait sur une roue Pelton qui était alors la plus grande qui existât; elle avait 5,65 *m* de diamètre, portait deux rangées de 100 augets chacune et faisait en marche normale 110 tours par minute, ce qui donne une vitesse à la circonférence de 32,5 *m* par seconde. On comprend qu'il faut des dispositions spéciales pour résister à la force centrifuge dans ces conditions. L'orifice qui amène l'eau à la roue a seulement 37,5 *mm* de diamètre; un régulateur automatique règle l'ouverture selon le travail à faire et maintient la vitesse uniforme; de plus le réservoir de l'air comprimé est muni d'un régulateur qui arrête la marche de la roue ou la rétablit suivant la consommation d'air.

L'arbre de la roue porte deux manivelles dont chacune actionne un cylindre à piston. L'un de ces cylindres a 25 *cm* de diamètre et 610 *mm* de course, l'autre 45 *cm* de diamètre et la même course; la vitesse du piston ressort donc, pour 110 tours par minute, à 2,23 *m* par seconde.

Le premier cylindre comprime l'air à 2,15 *kg*, par centimètre carré et la température s'élève à 71° centigrades; l'air passe dans un réfrigérant formé de 90 tubes de cuivre de 25 *mm* de diamètre et 5,40 *m* de longueur arrosés par l'eau sortant de la roue Pelton; l'air est ramené à la température ambiante et passe au second cylindre qui le comprime à 6,4 *kg* par

centimètre carré, puis, par un conduit de 15 *cm* de diamètre et 305 *m* de longueur il arrive à un réservoir où il est emmagasiné.

Cet air est employé pour la mise en jeu d'une machine d'extraction et d'une machine d'épuisement. La première est une compound à deux cylindres avec manivelles à 90° et distribution Corliss. Avant d'arriver au premier cylindre, l'air passe dans un réchauffeur formé de tuyaux chauffés extérieurement par un foyer; il s'échauffe à 175° centigrades et son volume augmente de 43 0/0. A la sortie du premier cylindre, la température est tombée à 50° centigrades et l'air traverse un second réchauffeur qui porte sa température de nouveau à 175° avant son entrée au grand cylindre; en sortant de ce cylindre, l'air s'échappe dans un carneau et il a encore une température suffisante pour servir au chauffage des bureaux et de quelques autres locaux.

Pour la machine d'épuisement, qui a une capacité de 38 *l* par seconde élevés à 152,5 *m* ce qui représente environ 80 *ch*, l'air est encore réchauffé avant son entrée au petit cylindre, mais il ne l'est pas à son passage d'un cylindre à l'autre.

On a constaté que la quantité d'air fournie par les compresseurs est suffisante pour donner 250 *ch* avec réchauffage de l'air, mais, sans réchauffage, le travail obtenu de la même quantité d'air n'est plus que de 175 *ch*, soit 70 0/0. La dépense de combustible pour le rechauffage de l'air est de 16 *f* par jour, ce qui correspond à 0,21 *f* environ par cheval supplémentaire obtenu et par jour. L'avantage est évident.

Avec l'eau revenant à 1 centime par 1 000 gallons, ce qui représente 13 centièmes de centime par mètre cube, le cheval coûte 0,50 *f* par 24 heures.

Une autre installation plus récente est celle de la mine Alaska-Threadwell, dans l'Alaska. Elle comprend un compresseur double de Riedler à cylindres de 610 *mm* de diamètre commandé par une machine compound à cylindres de 610 et 915 *mm* de diamètre avec course de 915 *mm*.

Les cylindres à vapeur sont placés derrière les cylindres compresseurs avec tiges communes, le prolongement des tiges des compresseurs à l'opposé des cylindres à vapeur commande des manivelles calées à 90° l'une de l'autre sur les deux extrémités d'un arbre, sur le milieu duquel est calée une roue Pelton de 6,71 *m* de diamètre; c'est la plus grande qui existe actuellement; elle pèse 11 500 *kg;* sous une charge de 144 *m* d'eau elle tourne à 75 tours par minute et développe 500 *ch*. Elle peut donner environ 780 m^3 d'air par minute.

Lorsqu'on veut se servir de la puissance hydraulique seule pour actionner les compresseurs, on découple les tiges des cylindres à vapeur d'avec celles des compresseurs au moyen d'une disposition de manchons à clavettes facilement démontables et la roue commande seule les compresseurs. Si on veut, au contraire, faire actionner ceux-ci par la vapeur, il n'y a rien à démonter, la roue Pelton tourne à vide et agit comme volant.

Cette disposition est très ingénieuse.

Associations de surveillance des chaudières à vapeur en Prusse. — Le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* reproduit le rapport de l'Union centrale des Associations prussiennes de surveillance des chaudières à vapeur pour l'année 1897. Ces associations sont au nombre de 22, mais 6 d'entre elles ont leur siège en dehors de la Prusse, bien qu'elles y aient une partie de leurs adhérents.

Le nombre total des adhérents a été en 1897 de 18 093 contre 17 054 pour l'année précédente, et le nombre des chaudières de 40 887 contre 38 496. Sur ce nombre de chaudières, 33 972 étaient en Prusse et 6 915 dans d'autres contrées de l'Allemagne. Voici quelques détails sur le fonctionnement de ces associations, d'abord le nombre d'adhérents et de chaudières pour chacune dans les deux années 1896 et 1897.

	Nombre d'adhérents.		Nombre de chaudières.	
	Fin 1896.	Fin 1897.	Fin 1896.	Fin 1897.
Aix-la-Chapelle	434	465	1 023	1 094
Barmen	408	424	1 046	1 087
Berlin	1 119	1 175	2 601	2 789
Bernburg	490	509	1 286	1 322
Breslau	1 319	1 377	3 914	4 151
Cassel	202	211	355	380
Dantzig	752	887	1 452	1 674
Dusseldorf	605	650	1 870	2 001
Francfort-sur-le-Mein . .	1 367	1 437	2 622	2 779
Gladbach	432	470	888	958
Halle-sur-Saale	573	605	1 617	1 688
Hambourg	1 003	1 031	1 825	1 919
Hanovre	1 227	1 308	2 345	2 452
Kaiserslautern	1 143	1 159	1 971	2 018
Königsberg	884	960	1 409	1 525
Magdebourg	1 541	1 676	4 170	4 436
Neuwied	244	271	580	620
Offenbach-sur-Mein . .	785	816	1 495	1 557
Posen	755	763	1 624	1 702
Siegen	274	284	914	950
Stettin	1 145	1 138	2 186	2 301
Stuttgart	452	477	1 333	1 394
TOTAUX	17 054	18 093	38 496	40 887

Dans la dernière année, le nombre total des employés a été de 170 contre 153 pour l'année précédente. Dans le premier total figurent 22 ingénieurs en chef, 137 ingénieurs, 6 assistants, 1 chef mécanicien et 4 chefs chauffeurs. Le nombre des inspections a été de 87 768, ce qui donne en moyenne 2,14 inspections pour chaque chaudière; il y a eu 3 801 chaudières nouvelles éprouvées.

En dehors des chaudières, les associations ont surveillé 4 112 réservoirs de vapeur ou appareils analogues contre 3 821 l'année précédente et 3 557 turbines centrifuges ou essoreuses contre 3 465.

Il a été créé 6 écoles de chauffeurs dont les cours ont été suivis par 300 élèves en 1897; il a été fait 296 essais de vaporisation, 666 essais à l'indicateur et 116 essais au frein sur des moteurs à vapeur; il y a eu 1 182 consultations et 124 inspections de fabriques. En dehors de ces opérations normales, les associations ont porté leur activité sur des réceptions de matériel, des expériences sur des moteurs à gaz, la surveillance de récipients à gaz comprimé, etc. Le contrôle des installations électriques et la surveillance générale des fabriques n'est pas dans leur domaine.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mai 1898.

Rapport de M. Ed. Bourdon sur une **valve-clapet automatique d'arrêt**, système Groignard.

L'inventeur a réuni en un seul et même organe la valve de prise de vapeur et le clapet d'arrêt automatique, comme du reste cela avait déjà été fait, et il a cherché dans une combinaison de pistons différentiels l'effort antagoniste qui permet de suspendre le clapet dans le courant de vapeur, tout en prévenant la fermeture intempestive de ce clapet.

Il a appliqué le même dispositif pour la construction des robinets de niveau d'eau, pour prévenir les projections d'eau bouillante et de vapeur qui se produisent lors de la rupture du tube en verre. Ces appareils sont en usage dans l'industrie depuis plusieurs années et les résultats obtenus sont des plus satisfaisants.

Rapport de M. Violle sur **le Viscosimètre** de M. Siderski.

On a cherché à mesurer la viscosité des liquides, tels que les mélasses. M. Siderski a combiné une disposition d'appareil formé de deux tubes de Poiseuille par lesquels on fait écouler, pendant le même temps et à la même température, d'un côté de l'eau distillée, de l'autre le liquide à essayer. La viscosité relative se déduit de la comparaison des quantités recueillies. Cet appareil est simple et bien compris.

Rapport de M. Livache sur un travail de M. E. Fleurent, intitulé **Recherches sur la composition immédiate et élémentaire des matières albuminoïdes** extraites du grain des céréales et des graines de légumineuses; conséquences pratiques de cette étude.

Ce rapport est suivi de la reproduction du travail de M. E. Fleurent, professeur remplaçant du cours de chimie industrielle au Conservatoire des Arts et Métiers.

Observations sur **le rendement cultural et sur la teneur en fécule** de plusieurs variétés de pommes de terre industrielles et fourragères, par M. Aimé Girard.

Recherches sur **le développement progressif de la grappe de raisin**, par MM. Aimé Girard et Lindet *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Sur **la liquéfaction de l'hydrogène et de l'hélium**, note de M. James Dewar *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Après un résumé de l'état de la question, l'auteur expose qu'il a opéré avec un appareil construit à cet effet et qu'en refroidissant de l'hydrogène à — 209° C sous la pression de 180 atmosphères, il a obtenu en cinq minutes environ 20 cm^3 d'hydrogène liquide ; dans une seconde opération on en a obtenu 50 cm^3.

On a condensé également de l'hélium purifié, extrait du gaz de Bath ; il n'y a qu'une faible différence entre les points d'ébullition de ces deux gaz.

L'auteur considère que tous les gaz connus ont été actuellement condensés en liquides susceptibles d'être manipulés à leur point d'ébullition, sous la pression atmosphérique, dans des vases à doubles parois séparées par un espace vide.

Avec l'hydrogène employé comme agent réfrigérant, on arrivera à 20 ou 30° du zéro absolu et son emploi ouvrira un champ entièrement nouveau aux recherches scientifiques, car nul ne peut prédire les propriétés de la matière au voisinage du zéro absolu.

Sur **les limites d'inflammabilité de l'oxyde de carbone**, note de MM. H. Le Chatelier et Boudouard *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Les limites normales d'inflammabilité de l'oxyde de carbone sont modifiées par certaines circonstances, par exemple par le diamètre des tubes qui doit être de 40 *mm* au moins pour écarter toute influence de l'action refroidissante des parois, par la température et par la pression. La note donne quelques chiffres relatifs à ces influences et donne également quelques indications sur les mélanges d'oxyde de carbone avec l'acétylène et l'hydrogène et les mélanges d'oxyde de carbone et d'hydrogène.

Recherches sur **l'état où se trouvent le silicium et le chrome dans les produits sidérurgiques**, par MM. A. Carnot et Goutal *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

Sur **la microstructure des alliages de fer et de nickel**, par M. F. Osmond *(Comptes rendus de l'Académie des Sciences)*.

L'auteur résume comme suit ses observations : l'étude de la microstructure des alliages de fer et de nickel confirme la classification fondée sur les propriétés mécaniques et le parallèle que l'on avait pu établir entre la série de ces alliages et les séries des aciers au carbone (trempés) et au manganèse (trempés ou non). Elle prouve, une fois de plus, que les propriétés dominantes des aciers sont une fonction de la position de leurs points de transformation sur l'échelle des températures. Suivant que ces transformations se font pendant le refroidissement, au-dessus de 400° environ, entre 330° environ et la température ordinaire ou au-dessous de cette dernière, on obtient trois types distincts.

Les alliages de fer et de nickel possèdent une autre particularité intéressante, celle de devenir parfaitement schisteux sous l'influence du

forgeage. Cette schistosité est mise en évidence par toutes les méthodes d'attaque et se traduit par la formation de bandes alternativement plus ou moins attaquées, s'enveloppant les unes les autres et permettant de suivre la répartition des déformations dues au forgeage ou au laminage.

Étude sur **les avaries de certaines chaudières** dans la région des rivures circulaires, par M. Ch. Fremont.

L'examen de morceaux de chaudières avariées dans la région des rivures circulaires, où on ne peut pas incriminer le procédé de cintrage des tôles, a fait constater à l'auteur l'existence de fissures préexistantes et l'a autorisé à conclure que le début de l'accident remontait à la fabrication des viroles et que c'était dans cette fabrication qu'il fallait rechercher la cause de l'avarie.

M. Fremont fait voir, par une série de figures, que le rivetage circulaire oblige les deux tôles à céder en pliant, pour se rapprocher et se mettre en contact absolu, et que, dans ce pliage par l'axe des trous, si le métal ne possède pas une ductilité suffisante, ce qui arrive souvent, il se produira des fissures qui amèneront plus tard des avaries plus ou moins graves. Pour éviter ces accidents, il est indispensable : 1° de s'assurer de la qualité de chaque feuille de tôle individuellement et 2° de surveiller attentivement la fabrication, car, une fois la chaudière terminée, la visite la plus scrupuleuse ne permettra pas de découvrir l'existence de bien des fissures préexistantes.

Notes de mécanique.

Nous trouvons dans ces notes : la description des transmetteurs pneumatiques Batcheller, pour tubes postaux, une note sur l'explosion des tuyaux de vapeur des machines, explosion qui provient, dans certains cas, de la décomposition de la brasure dont le zinc s'oxyde, laissant le cuivre à l'état spongieux. Cette décomposition est produite par la présence, dans les tuyaux, d'eau renfermant de petites quantités d'acides gras. On trouve ensuite la description de quelques applications des roulements sur billes et galets, telles que buttées d'hélices, colliers d'excentriques, coussinets de laminoirs, engrenages, etc., et du laminoir automatique de Norton pour feuillards.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

1er Trimestre de 1898.

Note sur **les épreuves de réception du pont suspendu de Saint-Vallier**, par M. T. Godard, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le pont de Saint-Vallier, sur le Rhône, est composé de deux travées, l'une de 87,42 *m*, l'autre de 89,56 *m*, séparées par une pile en rivière. Ce pont a été restauré par notre Collègue M. Arnodin ; le nouveau tablier

comprend une voie charretière de 5,10 *m* de largeur et deux trottoirs chasse-roues de 30 *cm*; il a été établi pour une charge d'épreuves de 300 *kg* par mètre carré. Les garde-corps sont en forme de poutres à treillis en métal pour donner de la rigidité et les poutrelles, espacées de 1,25 *m*, sont en fer et armées en dessous par des câbles.

Les épreuves ont été faites avec un rouleau à vapeur pesant 17,5 *t* en charge et avec deux rouleaux ordinaires à chevaux, pesant 11 *t* chacun.

On a relevé les formes prises par le tablier pour certaines positions des poids roulants et on a mesuré les efforts sur certaines tiges de suspension, sur certaines poutrelles, sur quelques haubans et sur les câbles paraboliques médians. Les efforts sur les tiges ont été relevés en substituant à ces tiges des balances romaines et, sur les autres parties, par des appareils Manet. Les formes prises par le tablier ont été obtenues en nivelant les mains-courantes des garde-corps rigides.

Le travail maximum des câbles paraboliques, au passage de deux rouleaux de 11 *t* chacun, a été trouvé de 4,40 à l'amont et de 5 *kg* à l'aval, et celui des câbles obliques extrêmes de 8,2 et 8,9 *kg*.

Les câbles sous-tendeurs des poutrelles ont donné des chiffres de 15 et 16,7 *kg* sous la pression de 15 000 *kg* environ exercée par le rouleau de 17 500 *kg* reposant presque entièrement sur une des poutrelles.

Éclairage électrique d'une partie des terre-pleins de rive gauche du **port de Rouen**, par M. Chateau, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette note est le développement d'un article du même auteur donné dans le 3e trimestre des *Annales* et dont nous avons rendu compte dans le Bulletin de janvier dernier, page 125. Elle contient en plus quelques renseignements sur les prix de revient de cet éclairage. Les dépenses ressortent, pour l'année, à 7 380 *f*, dont 3 900 *f* pour le personnel, 3 150 *f* pour le combustible, le reste pour le graissage et divers. La Chambre de Commerce recevant 5 000 *f* seulement est en perte, mais elle peut compenser en partie cette perte par les taxes qu'elle est autorisée à percevoir des négociants qui utiliseraient l'éclairage pour des déchargements de nuit.

Avec un amortissement calculé à 8 0/0 sur les prix d'établissement, évalués à 55 000 *f*, et pour 3 600 heures par an, le kilowatt-heure utilisé revient, tout compris, à 0,30 *f*; le prix du foyer-heure, à raison de 550 watts-heure en moyenne, revient à 0,166 *f*.

Note sur **les garde-corps des ponts suspendus rigides.** par M. Metoux, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Dans les ponts suspendus rigides, le garde-corps est un organe de résistance dont il faut tenir compte et qu'il est nécessaire de calculer avec une certaine rigueur. Ces garde-corps se composent en général de deux lisses parallèles reliées par des montants verticaux et des croix de Saint-André.

L'auteur a recours à la théorie donnée par M. Maurice Lévy dans les *Annales* de 1886 (deuxième semestre), pour la détermination des dimensions d'un garde-corps à système triangulé.

De **l'utilité publique des transmissions électriques d'énergie.** But, état actuel, valeur économique et avenir, par M. A. Blondel, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette note a été rédigée pour être soumise, par M. le Ministre des Travaux publics, à la Commission de la Chambre des députés chargée d'examiner le projet de loi sur les distributions d'énergie.

L'auteur passe d'abord en revue les forces naturelles dont l'industrie peut disposer, les marées, le vent, qui exigeraient des installations très coûteuses, les chutes d'eau et le charbon, qui sont la véritable source de la puissance, puis les moyens actuels de production et d'accumulation de l'électricité, les procédés employés pour la transmission directe et la distribution de l'énergie, l'utilisation de l'énergie, divisée en applications immédiates, éclairage et industries électro-chimiques et électro-métallurgiques, applications mécaniques, les transmissions électriques à grande distance. La note se termine par des conclusions portant sur les résultats économiques et sociaux à attendre de la diffusion des distributions électriques, conclusions basées sur de nombreux exemples d'applications faites tant en France qu'à l'étranger. Si la société souffre actuellement d'un état de choses créé par le machinisme depuis un siècle, la concentration des ouvriers dans les usines et dans les villes au détriment de la campagne, la transmission de l'énergie, en permettant le fractionnement du travail, doit être regardée comme un élément d'amélioration sociale de premier ordre dans les sociétés modernes.

Cette note est accompagnée de statistiques relatives aux distributions d'électricité en France et en Suisse, aux usines électro-chimiques, aux transports d'énergie dans l'Amérique du Nord, aux tramways et chemins de fer électriques dans les divers pays.

(A suivre.)

ANNALES DES MINES

4me livraison de 1898.

Guide pratique pour **la recherche et l'exploitation de l'or à la Guyane française**, par M. Levat, Ingénieur Civil des Mines *(suite)*.

Cette suite du mémoire de M. Levat traite des exploitations aurifères actuelles et expose quelles sont les conditions dans lesquelles s'exécutent en ce moment la recherche et l'exploitation des gisements aurifères en Guyane ; ce sont d'ailleurs toutes, à une exception près, des exploitations alluvionnaires. L'auteur entre dans des détails circonstanciés sur ces exploitations en donnant d'abord un aperçu historique ; on y trouve des renseignements des plus intéressants, surtout dans des monographies consacrées à deux ou trois exploitations situées dans des régions différentes.

Un troisième chapitre traite de l'avenir des placers guyanais ; on y trouve résumés les points sur lesquels il convient d'insister pour amé-

liorer les conditions actuelles du travail dans la colonie et permettre ainsi le développement des richesses minières qu'elle contient. Un de ces points est l'exploitation des alluvions par moyens mécaniques. L'auteur décrit l'emploi des dragues qui est actuellement très répandu dans la Nouvelle-Zélande et aux États-Unis. On emploie également des excavateurs à sec montés sur rails. Par exemple, sur la rivière Barmack, en Californie, on se sert de dragues flottantes de 31 *m* de longueur sur 10 *m* de largeur, portant deux machines de 125 *ch* chacune dont les chaudières sont chauffées au bois. On peut draguer à 11 *m* de profondeur. Les déblais passent dans un trommel circulaire abondamment arrosé, duquel les matières les plus fines passent dans une seconde trémie qui les amène à une pompe centrifuge laquelle achève la désagrégation. Des sluices à double fond en tôle d'acier, dont un perforé, séparent l'or et les sables lourds des pierres et graviers légers. On travaille jour et nuit, la drague étant munie d'une installation d'éclairage électrique.

Le prix de revient du dragage ressort à 0,62 *f* par mètre cube. Avec des appareils plus récents où l'électricité est employée comme force motrice, le prix du mètre cube est descendu à 0,31 *f*.

(A suivre.)

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINERALE

Mai 1898.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 7 mai 1898.

Communication de M. Mayençon sur **la perméabilité du platine.**

L'auteur expose que la perméabilité connue du platine pour l'hydrogène à la température du rouge existe aussi à la température ordinaire et pour d'autres gaz, tels que l'oxygène, le chlore et le brome en vapeur, l'acide sulfydrique, l'ammoniaque, le sulfhydrate d'ammoniaque, etc., que certains gaz au sortir du platine qu'ils ont traversé ont des propriétés chimiques qu'ils n'ont pas à l'état de liberté ; c'est ainsi que l'hydrogène réduit l'oxyde de cuivre obtenu par voie sèche, le sulfate de cuivre, le chlorure d'or et l'acétate d'argent, que l'oxygène acquiert une des propriétés de l'ozone car il décompose l'iodure de potassium en mettant l'iode en liberté.

La note décrit un certain nombre d'expériences par lesquelles ces faits sont mis en évidence.

Communication de M. Rodde sur **l'installation électrique du puits Ferrouillat** des mines de La Béraudière.

On a choisi l'électricité comme moyen de transport de force, tant à

cause de son rendement élevé que pour le peu d'encombrement et de fondations que ce genre d'installation comporte.

On a, pour les mêmes raisons, adopté une machine Westinghouse comme moteur et des courants triphasés prévenant les étincelles et les effets électrolitiques qui auraient pu être dangereux pour la pompe qu'on se propose d'installer dans le même puits.

Le moteur, tournant à 340 tours par minute, actionne un alternateur triphasé d'Œrlikon tournant à 750 tours ; la ligne est formée d'un câble armé de 27 fils d'acier de 4 *mm* de diamètre, contenant trois conducteurs de 40 *mm*² de section chacune et deux fils de signaux.

Le moteur est placé à 585 *m* de la réceptrice ; sur cette distance, il y a 380 *m* de puits. Le câble est maintenu par des colliers et protégé par un vieux câble en aloès placé devant.

La réceptrice tourne à 970 tours et actionne le treuil par un manchon élastique et une vis sans fin à buttée par billes suivant le système d'Œrlikon.

Le rhéostat de démarrage et l'inverseur pour le changement de marche sont placés dans des bains d'huile pour prévenir les étincelles.

On a trouvé un rendement de 42 0/0 en pleine charge et de 34 0/0 à demi-charge entre le travail correspondant à l'élévation de la charge et le travail sur l'arbre de la machine à vapeur.

On a vu qu'il y avait dans le câble deux fils pour signaux. On se sert de sonneries électriques à trembleurs. Les signaux de l'intérieur au jour se font par un tube formé dans lequel entrent les fils et qui contient un peu de mercure ; il suffit de modifier l'inclinaison du tube pour faire passer le courant et donner les signaux.

District du Nord.

Réunion du 3 et 4 juillet 1897.

Visite à l'Exposition de Bruxelles. — Palais de Tervueren.

Nous ne trouvons guère ici à mentionner que les textes des toasts portés au banquet de Bruxelles.

District du Sud-Est.

Séance du 1er mai 1898.

Communication de M. Bertharion sur **l'emploi des combustibles sur les grilles des chaudières à vapeur.**

L'auteur commence par l'exposé de considérations générales sur la combustion et sur la composition des gaz à leur sortie des carneaux et insiste sur ce fait qu'en pratique on fait toujours le chauffage des chaudières avec un excès d'air par trop grand et que cet excès d'air réduit dans une notable proportion la puissance de vaporisation des générateurs. On trouve que la marche avec une légère insuffisance d'air est encore plus avantageuse que la marche avec excès ; il est donc à recom-

mander d'habituer le personnel à chauffer les foyers avec la quantité d'air strictement nécessaire à la combustion des houilles employées.

Communication de M. Cuvelette sur la **perforatrice électrique Dulait et Forget.**

Il n'est donné qu'une simple indication sur cet appareil, sans aucune description, celle-ci devant paraître dans le bulletin trimestriel.

District de Paris.

Séance du 18 avril 1898.

Communication de M. J. M. Bel sur un **voyage d'exploration au Laos et au Siam.**

L'auteur signale la fonderie d'étain de Singapour dont la production est peut-être la plus considérable du monde. Les mines d'or de Valana, les mines de Kobin, la région montagneuse comprise entre le Mekong et le Menam fort riche en substances minérales diverses, les concessions de la Société d'Étude des mines d'Antopeu, etc.

L'Indo-Chine centrale, de la chaine malaise à la mer de Chine, contient des gites minéraux très intéressants et bien dignes d'une étude attentive de la part des ingénieurs-explorateurs.

Communication de M. Lodin sur **l'état de la métallurgie du zinc.**

Après avoir passé en revue l'état de la métallurgie du zinc, l'auteur exprime cette idée que le véritable progrès à réaliser dans cette partie de la métallurgie serait probablement de la fractionner en deux opérations, la première s'accomplissant au four à cuve pour donner de l'oxyde pur, la seconde ayant lieu dans les fours actuels à cornues, mais ne portant que sur de l'oxyde pur pour donner le zinc métallique, sans pertes véritablement appréciables.

SOCIETÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 23. — *4 juin 1898.*

Sur les ondes électriques de Hertz, par Holzmüller.

Mesure de l'eau contenue dans la vapeur sortant des chaudières, par E. Brückner *(suite)*.

Soupape de prise de vapeur et clapet automatique combinés, par R. Kock.

Groupe de Wurtemberg. — Le dessin et son enseignement.

Bibliographie. — Transport électrique de la force, par G. Kapp. — Accumulateurs transportables, par I. Zacharias.

N° 24. — *11 Juin 1898.*

L'armement des navires de guerre, par Mendeck *(fin)*.

Mesure de l'eau contenue dans la vapeur sortant des chaudières par E. Brückner *(fin)*.

Diagramme de tiroirs pour distributions Corliss, par A. Seeman.

Machine à fraiser pour cylindres de locomotives, par M. Frölich.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Mise à bas d'une grande cheminée.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Nouveautés dans les appareils de cuisine à chauffage par le gaz.

Bibliographie. — Calcul du rendement et de la dépense de vapeur dans les machines à double expansion, par J. Pechan. — Manuel de physique expérimentale, par A. Wüllner.

Variétés. — 38e réunion générale de l'Association allemande des Ingénieurs pour gaz et eaux.

Correspondance. — Nouvelles machines pour l'exploitation des mines en Silésie.

N° 25. — *18 Juin 1898.*

Critique de la machine à vapeur, par R. Mollier.

Développement du touage électrique, par H. Cox.

Les lois de l'élasticité et leur emploi dans les calculs pratiques, par R. Bredt.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Les tramways électriques et le réseau d'Aix-la-Chapelle. — Emploi de l'air liquéfié pour la préparation des explosifs.

Groupe de Hanovre. — Appareils fumivores. — Réglage des moteurs hydrauliques. — Extraction et préparation de l'asphalte. — Coût de la force produite par les moteurs à gaz.

Bibliographie. — Compte rendu de la 39me réunion générale de l'Association des Ingénieurs allemands, à Chemnitz en 1898. — Les champs magnétiques, par H. Ebel.

N° 26. — *25 Juin 1898.*

Aperçu sur la théorie des charpentes de coupoles, par R. Kohfahl.

Coulée centrifuge de la fonte, par E. Lewicki.

Mise en marche et arrêt automatiques pour tours, par H. Fischer.

Réservoir artificiel pour distribution d'eau potable à Valparaiso, par Holz.

Sur les limes, par J. Dickl.

Groupe de Franconie et du Haut Palatinat. — La locomotive à grande vitesse BXI des chemins de fer de l'État bavarois. — Installation d'épuration d'eaux d'alimentation système Reisert.

Groupe du Rhin inférieur. — Presses à forger. — Durée des lampes à arc.

Bibliographie. — Construction et exploitation des chemins de fer électriques, par M. Schiemann.

Correspondance. — Le calorimètre Carpenter.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 1er SEMESTRE, ANNÉE 1898

Agriculture (L') au Congo français. Janvier, 118.

Air (Installation d') comprimé pour les mines. Juin, 1152.

Alcool (Les moteurs à). Janvier, 117.

Américains (Hôtel des Ingénieurs Civils). Janvier, 116; — (La Société des Ingénieurs Civils). Février, 245.

Arcades (Pont à poutres en), système Vierendeel. Avril, 727.

Associations de surveillance des chaudières à vapeur en Prusse. Juin, 1154.

Ateliers (Grues électriques d'). Février, 247.

Barques à pétrole. Mai, 941.

Belge (Le paquebot) *Princesse-Clémentine*. Avril, 731.

Briquettes (Combustion spontanée des). Juin, 1150.

Charbon (Le trafic du) à Londres. Février, 241.

Chaudières (Associations de surveillance des) en Prusse. Juin, 1154.

Chauffage (Le) au coke. Avril, 734.

Chemin de fer (État actuel du) transsibérien. Mars, 389; — (Déplacement d'une station de). Juin, 1147; — (Bas tarifs de). Juin, 1150.

Coke (Le chauffage au). Avril, 734.

Col (Le tunnel du) de Tende. Février, 247.

Combustion spontanée des briquettes. Juin, 1150.

Congo (L'agriculture au) français. Janvier, 118.

Constructions élevées aux États-Unis. Mai, 943; — (Déplacement d'une grande). Juin, 1149.

Coton (Emballage du). Avril, 737.

Coussinets à roulement. Juin, 1136.

Coût (Réduction du) de la force motrice à vapeur réalisée de 1870 à 1897. Janvier, 112; Février, 237.

Déplacement d'une station de chemin de fer. Juin, 1147; — d'une grande construction. Juin, 1149.

Développement (Historique du) de la machine de navigation aux États-Unis. Juin, 1141.

Électricité (Utilisation des tourbières pour la production de l'). Juin, 1151.

Électriques (Grues) d'ateliers. Février, 247; — (Transmissions) pour filatures. Mars, 393.

Emballage du coton. Avril, 737.

Eophone (L'). Février, 244.

Établissements (Les) d'instruction technique aux États-Unis. Juin, 1151.

État actuel du chemin de fer transsibérien. Mars, 389.

États-Unis (Les constructions élevées aux). Mai, 943; — (Le système métrique aux). Mai, 935; — (Historique du développement de la machine de navigation aux). Juin, 1141; — (Les établissements d'instruction technique aux) Juin, 1151.

Fabrique (La) de locomotives de Wiener-Neustadt. Mars, 384.

Filatures (Transmissions électriques pour). Mars, 393.

Force (Réduction du coût de la) motrice à vapeur réalisée de 1870 à 1897. Janvier, 112; Février, 237.

Grues électriques d'ateliers. Février, 247; — (Une) de 100 *t*. Mai, 940.

Historique du développement de la machine de navigation aux États-Unis. Juin, 1141.

Hôtel des Ingénieurs Civils Américains. Janvier, 116.

Ingénieurs (Hôtel des) Civils Américains. Janvier, 116;— (La Société américaine des) Civils. Février. 245.

Installations d'air comprimé pour les mines. Juin, 1152.

Instruction (Les établissements d') technique aux États-Unis. Juin, 1151.

Locomotives (Les) en Russie. Janvier, 118; — (La fabrique de) de Wiener-Neustadt. Mars, 384.

Londres (Le trafic du charbon à). Février, 231.

Machines (Les) à vapeur en Prusse. Mars, 391; — (Historique du développement de la) de navigation aux États-Unis. Juin, 1141. (Voir aussi *Moteurs* et *Force motrice*).

Marée (Moteurs à). Avril, 736.

Métrique (Le système) aux États-Unis. Mai, 935.

Mines (Installations d'air comprimé pour les). Juin, 1152.

Moteurs (Les) à alcool. Janvier, 117; — à marée. Avril, 736.

Motrice (Réduction dans le coût de la force) à vapeur réalisée de 1870 à 1897. Janvier, 112; Février, 237.

Müngsten (Le viaduc de). Mars, 393.

Navigation (La) du Volga. Mai, 943; — (Historique du développement de la machine de) aux États-Unis. Juin, 1141.

Paquebot (Le) belge *Princesse-Clémentine*. Avril, 731.

Pétrole (Barques à). Mai, 941.

Pont à poutres à arcades, système Vierendeel. Avril, 727.

Poutres (Pont à) à arcades, système Vierendeel. Avril, 727.

Princesse-Clémentine (Le paquebot belge). Avril, 731.

Production (Utilisation des tourbières pour la production) de l'électricité. Juin, 1151.

Prusse (Les machines à vapeur en). Mars, 391; — (Associations de surveillance des chaudières à vapeur en). Juin, 1154.

Réduction dans le coût de la force motrice à vapeur réalisée de 1870 à 1887. Janvier, 112; Février, 237.

Roulement (Coussinets à). Juin, 1136.

Russie (Les locomotives en). Janvier, 118.

Société (La) américaine des Ingénieurs Civils. Février, 245.

Station (Déplacement d'une) de chemin de fer. Juin, 1147.

Surveillance (Association de) des chaudières à vapeur en Prusse. Juin, 1154.

Système (Le) métrique aux États-Unis. Mai, 935.

Tarifs (Bas) de chemins de fer. Juin, 1150.

Technique (Les établissements d'instruction) aux États-Unis. Juin, 1151.

Ten-Brink (Ch.). Mai, 944.

Tende (Le tunnel du col de). Février, 247.

Tourbières (Utilisation des) pour la production de l'électricité. Juin, 1151.

Trafic (Le) du charbon à Londres. Février, 241.

Transmissions électriques pour filatures. Mars, 393.

Transsibérien (État actuel du chemin de fer). Mars, 389.

Tunnel (Le) du col de Tende. Février, 247.

Utilisation des tourbières pour la production de l'électricité. Juin, 1151.

Vapeur (Réduction dans le coût de la force motrice à) réalisée de 1870 à 1897. Janvier, 112. Février, 237; — (Machines à) en Prusse, Mars, 391; — (Historique du développement de la machine à) de navigation aux États-Unis. Juin, 1141; — (Associations de surveillance des chaudières à) en Prusse. Juin, 1154.

Viaduc (Le) de Müngsten. Mars, 373.

Vierendeel (Pont à poutres à arcades système). Avril, 727.

Wiener-Neustadt (La fabrique de locomotives de). Mars, 384.

Volga (La navigation du). Mai, 943.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1898

(Bulletins)

Pages

Accumulateurs à charge rapide *(Traction électrique des tramways)*, par F.-D. Drouin 1122

Arbitrage et de l'expertise *(Traité théorique et pratique de l')*. Analyse de l'ouvrage de M. Ravon, par M. P. Gassaud, et observations de MM. S. Périssé et E. Simon (séance du 1er avril) 596

Assainissement comparé de Paris et des grandes villes de l'Europe *(Analyse de l'ouvrage de MM. E. Badois et Bieber sur l')*, par M. E. Chardon, et observations de MM. S. Périssé, E. Badois, Ch. Decaux, Petit de Forest, F. Marboutin (séance du 18 mars) 280

Automobiles. — Poids lourds. Lettre de M. F. Honoré (séance du 7 janvier). 40

Automobiles *(La vapeur, le pétrole et l'électricité dans les)*, par M. R. Soreau. 1008

Bateaux à la traction *(Résistance des)*, par M. F. Chaudy et observations de MM. A. Duroy de Bruignac, E. Pérignon, R. Soreau, G. Parrot (séance du 17 juin). Mémoire. . . . . 977 et 985

Bibliographies, par M. A. Mallet . . . . . 133 et 746

Bibliographie, par M. P. Jannettaz 932

Brevets d'invention fait à la Société par la famille de M. Ch. de Comberousse, ancien Président de la Société *(Don de la collection des)* (séance du 16 mai) 760

Câbles aériens et leurs applications à l'agriculture, à l'industrie et aux constructions *(Transports par)*, par M. Thiéry, professeur à l'École forestière de Nancy et observations de MM. H. Couriot, E. Badois, Kern, L. Rey, O. de Rochefort-Luçay, P. Guéroult (séance du 18 février) . . . . . 186 et 761

Catastrophe de Bouzey *(Les conséquences à tirer de l'étude technique de la)* (3e partie). Calcul rationnel d'un barrage courbe à une ou plusieurs branches, par M. M.-L. Langlois, et observations de M. E. Badois (séance du 18 février). 183

Chaudières à émulsion de vapeur *(Sur les)*, par M. M. Jouffret (séance du 21 janvier). Mémoire . . . . , ... 52 et 79

Chaudières marines (bulletin de décembre 1897). Lettre de M. L. de Chasseloup-Laubat (séance du 18 février) 181

Chaudières multitubulaires marines *(Sur quelques résultats d'essais de)*, par M. E. Duchesne, et observations de MM. L. de Chasseloup-Laubat et Bertin, directeur du Bureau technique au Ministère de la Marine. Lettres de MM. A. Mallet et E. Duchesne (séances des 21 janvier et et 18 février). Mémoire. . . . . 44, 54, 168 et 181

Chauffage électrique, par M. P. F. Le Roy, observations de M. M. G. Dumont, des Moutis, F. Hubou, H. Couriot, E. Badois, J. Arnoux, P. Regnard, E. Cornuault (séances des 4 et 18 février). Mémoire. 173, 181 et 214

Chemins de fer russes. *Amélioration du réseau de la Russie européenne*, par M. le professeur Belelubsky (séance du 17 juin). 983

Chroniques nos 217 à 223, par M. A. Mallet. 112, 237, 384, 727, 935 et 1136

Ciment et fer *(Théorie de l'équilibre des systèmes en)*, tirée du principe du moindre travail d'après M. B. B. Ferria, Ingénieur à Turin, par M. D. Federman 996

Cinquantenaire de la Société. Lettre de M. le Major Général de Wendrich (séances des 21 janvier, 4 et 18 mars, 1er avril, 20 mai et 17 juin). . . . . 44, 266, 267, 276, 596, 771 et 972

— *(Programme du)* (séance du 20 mai). 771

— *(Procès-verbaux relatifs au)* (séance du 17 juin). 972

— *(Allocution de M. G. Dumont, Vice-Président, et témoignages de félicitations à M. Loreau, Président de la Société à l'occasion des fêtes du)* (séance du 17 juin) 973

Comptes rendus, nos 217 à 223, par M. A. Mallet, 122, 249, 395, 738 946 et 1156

Concours ouvert par l'Administration des chemins de fer de l'État suédois pour l'établissement d'une nouvelle gare à Stockholm (séance du 4 février) 171

Conférence nationale des Sociétés d'habitations ouvrières, à Bruxelles, en 1898. *Délégué : M. E. Cacheux* (séance du 20 mai) . . 770

Congrès :

De l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie, à Douai, en 1898. *Délégués de la Société : MM. Chardon, Delaroière, Derennes, Gallois, Hignette, Horsin-Déon, Jannettaz, Maunoury et Vivien* (séance du 18 mars). 276

De l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle (2e), **à Londres, en 1898.** *Délégués : MM. E. Bert et Maunoury* (séance du 20 mai). 770

D'hygiène et de démographie, à Madrid, en 1898. Lettre de M. le Dr A. Jimeno, délégué de la Société (bulletin de décembre 1897) (séances des 21 janvier et 4 février). . . . . 43 et 170

International de chimie appliquée, à Vienne, en 1898. *Délégués : MM. Gallois, Derennes, Th. de Goldschmidt* (séance du 20 mai) 771

International des habitations à bon marché, à Bruxelles, en juillet 1897 *(Rapport sur le)*, par M. E. Cacheux (séance du 4 mars). Mémoire . . . . . 268 et 291

International de navigation, à Bruxelles, en 1898. *Délégués de la Société* (séance du 7 janvier) 40

De l'Iron and Steel Institute, à Londres et à Stockholm, en 1898 (séance du 18 mars) 276

Des pêches maritimes, à Dieppe, en 1898. *Délégués de la Société : MM. Cacheux, Dubar, Duchesne, Dumont, Honoré et Pérard* (séance du 18 mars) 276

De la propriété bâtie en France (4e) à Marseille, en 1898. — *Délégués : M. Génis* (séance de 20 mai). 770

Pour l'unification des filetages, à Zurich, en 1898. — *Délégués : MM. Kreutzberger, Baclé, G. Richard et les correspondants de la Société en Suisse)* (séances des 4 mars et 20 mai). . . . . 263 et 770

Coques de navires pour limiter les conséquences des naufrages et des collisions *(Note sur les modifications des)*, par M. A. Lévêque 70

Cours d'eau à fond mobile *(Note sur quelques phénomènes observés dans les)*, par M. R. Le Brun. 636

Cours de mécanique appliquée aux machines, par M. J. Boulvin, ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées — bibliographie par M. A. Mallet. 133

Décès de MM. H. Bécot, J. Bonnet, L. Lechner, P.-W. Schild, Ch. Thouin, L. Martin, E. Dollot, Cte A. Lemercier, J.-B. Pradel, N.-E. Schmitz, H.-P. Limet, P.-E. Jacquet, E.-J.-E. Baril, Ch. Bricogne, P.-A. Gottschalk, Alfred Lambert, Ch.-E. Martin, V. Mendez, A.-A. Renault, A. Peneaud, Ch. Bouchet, J.-A. Hurtu, Ch.-A.-A. Dorémieux, Molinos fils, Hély d'Oissel, A. Bauquel, F. Loisel, J. Lejeune, de Borodine, H. Schneider, A. Agnès, Ch.-L. Décé, A. Milinaire, A. Hureau de Villeneuve, F. Morane, G. Margaine, A. Cottreau (séances des 7 et 21 janvier, 4 et 18 février, 4 et 18 mars, 1er et 15 avril, 6 et 20 mai et 17 juin) 38, 43, 169, 182, 264, 275, 595, 610, 759, 769 et 974

Décorations françaises :

Officiers de la Légion d'honneur : MM. G. du Bousquet, P. Buquet, Dulau.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. E. Acker, A. Berthon, A. Bonnefond, L. Coiseau, L. Courtier, J.-P. Grouvelle, A.-M. Kowalski, J. Lamaizière, T.-J. Le Cœur, A.-J. Michelin, H.-G. Pinget, E.-L. Plichon, E. Plocq, L.-A. Pralon, J.-C. Prevet, L. Rey, A. Sacquin, A.-J.-H. Salin, A.-C.-D. Wallaert.

Officiers de l'Instruction publique : MM. J.-M. Bel, M.-A. Brancher, M. H.-C. Chassevent, Ch. Delessart, A. Guilbert-Martin, J. Hermant, E.-A. Quenay, P. Regnard, A. Rouché, G.-H. Steinheil, H. Vaslin.

Officiers d'Académie : MM. L. Arraou, E.-A. Bougenaux, E.-A. Bourdon, L. de Chasseloup-Laubat, L. Denis de Lagarde, E. Diligeon, P. Jannettaz, A. Lavezzari, P.-F. Le Roy, J. Massalski, F. Rabœuf, de Retz, R. Soreau, G. Tartary.

Chevaliers du Mérite agricole : E. Badois, N. Boucher, G. Dumont, P.-M. Fouquier, E.-E. Marchand-Bey.

Décorations étrangères :

Commandeur de l'ordre du Medjidié : M. E. Robequain.

Chevaliers de l'ordre de Léopold de Belgique : MM. Ch. Compère et Raffard.

(Séances des 7 et 21 janvier, 4 et 18 février, 18 mars, 15 avril, 6 mai, 17 juin). . . . 39, 43, 169, 182, 275, 611, 760, 973 et 974

Dons :

De 50 *f* fait à la Société, par M. V. Thirion (séance du 7 janvier) . . 40

De 64 *f* — par M. R. Grosdidier (séance du 4 mars). . 265

De 50 *f* — par M. P. Gadot (séance du 18 mars). . . 276

De 50 *f* fait à la Société, par M. Belelubsky (séance du 20 mai). . . 770
De 100 *f* — par M. E. Darracq (séance du 17 juin). . . 972

De la collection des brevets d'invention, fait à la Société par la famille de M. Charles de Comberousse, ancien Président de la Société (séance du 6 mai) 760

D'un régulateur électrique, par M. Henry Lepaute (séance du 17 juin) 972

Durcissement de la pierre calcaire et des enduits à base de chaux *(Procédé de)*, par M. A. Lencauchez et observations de M. Auguste Moreau (séance du 20 mai). 773

Eaux artésiennes de l'Oued-Rir' et du bas Sahara *(L'alimentation des)*, par M. G. Rolland, Ingénieur en chef des Mines, et observations de M. Ed. Lippmann, J. Bergeron, et lettre de M. P. Arrault, (séances des 6 mai et 17 juin). Mémoire . . . . . 762, 784 et 971

Eaux artésiennes du Sahara *(Réplique aux observations de M. G. Rolland sur l'origine des)*, par M. Ed. Lippmann. 804

Électricité, la vapeur et le pétrole dans les automobiles *(L')*, par M. R. Soreau 1008

Enduits à base de chaux *(Procédé de durcissement de la pierre calcaire et des)*, par M. A. Lencauchez, et observations de M. Auguste Moreau (séance du 20 mai) 773

Expertise et de l'arbitrage *(Traité théorique et pratique de l')*. — Analyse de l'ouvrage de M. Ravon, par M. P. Gassaud, et observations de MM. S. Périssé et E. Simon (séance du 1er avril). 596

Expositions :

D'architecture et du Génie civil, à Prague, de juin à septembre 1898. — Lettres de M. le Consul de France, à Prague, et de M. Hufzky (séances des 4 et 18 mars et 15 avril). 265, 276 et 611

Générale italienne, à Turin, en 1898. — Lettre de M. D. Federman (séance du 18 février) 182

Internationale et coloniale, à Rochefort-sur-Mer, de juin à octobre 1898 (séance du 15 avril). 595

Internationale universelle, à Dijon, de juin à octobre 1898 (séance du 4 mars) 265

Fer et ciment *(Théorie de l'équilibre des systèmes en)*, tirée du principe du moindre travail d'après M. B.-B. Ferria, Ingénieur à Turin, par M. D. Federman 996

Fermes de Combles. — Analyse de l'ouvrage de M. P. Planat, par M. E. Badois (séance du 1er avril). 599

Fortifications de Syou-Ouen (Corée) *(Construction des)*, par M. Henri Chevalier (séance du 4 mars). Mémoire. . . . . 267 et 304

Gare à Stockholm *(Concours ouvert par l'Administration des chemins de fer de l'État suédois pour l'établissement d'une nouvelle)* (séance du 4 février). 171

Gisements aurifères de Sibérie *(Compte rendu de l'ouvrage de M. de Batz sur les)*, par M. P. Jannettaz, et observations de MM. G. Dumont et J. Garnier (séance du 4 février) 177

Guide pratique du chimiste métallurgiste et de l'essayeur *(Analyse de l'ouvrage de M. Louis Campredon, Le)*, par M. P. Chalon (séance du 18 mars). 278

Industrie minérale dans la région de l'Oural, par M. P. Jannettaz (séance du 15 avril) 611

Industries minières et métallurgiques dans le sud de la Russie *(Les)*, par M. Aumard 350

Installations électriques *(M. M. Delmas chargé d'une mission officielle aux États-Unis et au Canada pour étudier le développement des)* (séance du 17 juin) 975

Installation des Membres du Bureau et du Comité. *Discours* de M. G. Dumont, Vice-Président, suppléant M. Ed. Lippmann, Président sortant, et de M. A. Loreau, Président pour l'année 1898 (séance du 7 janvier). . . . . 9 et 27

Legs de 10.000 francs fait à la Société par M. A. Gottschalk, ancien Président (séance du 4 mars) 265

Lettre de M. A.-J. Boyer (séance du 21 janvier). 43
De M. H. Chapman (décès de M. A. Gottschalk) (séance du 18 mars) . 278
De M. J. Gaudry (décès de M. Bricogne) (séance du 18 mars) 277
De S. E. le prince Chilkoff (séance du 18 mars). 276

Lit fluvial *(Mécanisme du)*. Analyse de l'ouvrage de M. F. Lokhtine, par M. C. de Cordemoy. Observations de MM. Fargue, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, R. Le Brun, J. Fleury, et Note de M. L.-L. Vauthier (séances des 1er et 15 avril). Mémoire. . . . . 601, 611 et 621

Lit fluvial *(Le mécanisme du)*. Brèves observations sur l'étude de M. Lokhtine, par M. L.-L. Vauthier. 648

Locomotive *(Traité pratique de la machine)* de M. Demoulin. Analyse par M. A. Mallet (séance du 20 mai). Mémoire. . . . . 771 et 915

Locomotives *(Mémoire sur la question des)* (traduit du russe), par M. A. Mallet 711

Locomotives nouvelles *(Les)*, par M. P. Guedon — bibliographie par M. A. Mallet 746

Machines annexes des installations mécaniques, par M. Ch. Compère, et Observations de MM. E. Badois, L. Rey, L. de Chasseloup-Laubat (séance du 15 avril). Mémoire . . . . . 615 et 662

Mécanique appliquée aux machines *(Cours de)*, par M. J. Boulvin. ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées — bibliographie par M. A. Mallet 133

Mécaniques *(Machines annexes des installations)*, par M. Ch. Compère et Observations de MM. E. Badois, L. Rey, L. de Chasseloup-Laubat (séance du 15 avril). Mémoire. . . . . 615 et 662

Membre honoraire de M. Alfred Picard *(Admission comme)* (séance du 6 mai) 760

Membres nouvellement admis . . . . . 8, 167, 263, 594, 757 et 964

Métallurgie *(Traité théorique et pratique de)*, 2e volume par M. C. Schnabel — analyse bibliographique par M. P. Jannettaz. 932

Mines et ressources industrielles de la Nouvelle-Zélande, par M. P. Garnier, et Observations de MM. L. Rey, H. Couriot (séance du 4 février). Mémoire. . . . . 171 et 192

Mission officielle aux États-Unis et au Canada pour étudier le développement des installations électriques *(M. M. Delmas chargé d'une)* (séance du 17 juin) 975

Musée social. Lettre de M. L. Mabilleau (séance du 4 février). 170

Navales de l'Espagne et des États-Unis *(État des forces)*, par M. L. de Chasseloup-Laubat (séance du 6 mai). Mémoire). . . . 762 et 817

Navigation aérienne *(Remarques sur le problème de la)*, par M. Duroy de Bruignac et Réponse de M. R. Soreau (séance du 4 mars). Mémoires. 270, 272, 313 et 332

Navigation aérienne, de M. Duroy de Bruignac *(Réponse aux remarques sur le problème de la)*, par M. R. Soreau (séance du 4 mars). Mémoires . . . . . 270, 272, 313 et 332

Navires *(Différents modes de tirage dans les)*, par M. L. de Chasseloup-Laubat et Observations de M. Bertin, directeur du bureau technique au Ministère de la Marine, et Lettre de M. A. Lecomte (séances des 1er et 15 avril). Mémoires et Errata . . . . . 606, 609, 679 et 914

Nominations :

De MM. E. Cacheux, H. Couriot, J. Fleury, E. Pontzen, comme membres du Comité des Travaux publics des colonies (séance du 7 janvier) 39

De M. E. Horn, comme membre de la Commission hongroise à l'Exposition universelle de 1900 (séance du 21 janvier) 43

De Membres de la Société, comme membres des Comités d'admission à l'Exposition de 1900 (séances des 4 février, 6 et 20 mai). 170, 760 et 770

De M. E. Cacheux, comme membre de la Commission chargée de propager l'enseignement professionnel des pêches maritimes dans les écoles primaires du littoral (séance du 18 mars). 275

De membres de la Société, comme membres des Bureaux des Comités d'admission à l'Exposition de 1900 (séance du 18 mars). 275

De M. Ch. Lucas, comme Vice-Président de la deuxième sous-commission de la Commission du vieux Paris (séance du 1er avril) 595

De MM. H. Menier et Ch. Vincent, comme membres du Conseil d'administration de l'Office national du commerce extérieur (séance du 17 juin) 974

De M. Ch. Vincent, comme membre du Comité de direction de l'Office national du commerce extérieur (séance du 17 juin) 975

De MM. Léon Appert, Léopold Appert, L. Chenut, J. Coignet, H. Daydé, L. Delaunay-Belleville, J. Gouin, F. Honoré, J. Japy, A. Loreau, A. Maury, H. Menier, E. Mercet, E. Pereire, A. Peugeot, E. Schneider, Valère Mabille comme conseillers du commerce extérieur (séance du 17 juin) 975

De membres de la Société comme membres du Comité technique de l'Électricité à l'Exposition de 1900 (séance du 17 juin) 975

De membres de la Société comme membres du Comité technique des Machines à l'Exposition de 1900 (séance du 17 juin) 975

De MM. E. Lahaye, E. Gruner, Ch. Prevet, F. Reymond, X. Rogé comme membres du Comité consultatif des chemins de fer (séance du 17 juin. 975

Notes de nos correspondants de province et de l'étranger . 350

Notice nécrologique sur M. A. Gottschalk, ancien Président de la Société, par M. F. Reymond, et discours prononcés aux obsèques, par MM. A. Loreau, F. Reymond, E. Chabrier, E. Trélat, Metzger, A. Picard, Orsel . . . . . 355, 365, 368, 371, 372, 373, 375 et 377

Nouvelle-Zélande *(Mines et ressources industrielles de la)*, par M. P. Garnier, et observations de MM. L. Rey, H. Couriot (séance du 4 février), mémoire . . . . . 171 et 192

Obsèques :

De M. E. Baril *(Paroles prononcées aux)*, par M. R. Soreau, Secrétaire de la Société 383

De M. Ch. Bricogne *(Discours prononcé aux)*, par M. G. du Bousquet, ancien Président de la Société. 378

De M. A. Gottschalk, ancien Président de la Société *(Notice nécrologique et discours prononcés aux)*, par M. F. Reymond, A. Loreau, F. Reymond, E. Chabrier, E. Trélat, Metzger, A. Picard et Orsel) . . . . . 353, 365, 368, 371, 372, 373, 375 et 377

De M. L. Martin *(Discours prononcé aux)*, par M. Ed. Lippmann . 109

Oural *(Industrie minérale dans la région de l')*, par M. P. Jannettaz (séance du 15 avril) 711

Ouvrages reçus. . . . . 2, 163, 259, 591, 750 et 959

— *(présentation spéciale d')* (séances des 7 et 21 janvier, 4 et 18 février, 1er et 15 avril, 6 et 20 mai et 17 juin). 40, 43, 170, 182, 595, 611, 760, 770 et 972

Périodiques reçus par la Société au 1er janvier 1898. 139

Pétrole, la vapeur et l'électricité dans les automobiles *(Le)*, par M. R. Soreau. 1008

Pierre calcaire et des enduits à base de chaux *(Procédé de durcissement)*, par M. A. Lencauchez et observations de M. A. Moreau (séance du 20 mai). 773

Planches nos 207, 208 et 209.

Poids lourds. Lettre de M. F. Honoré (séance du 7 janvier). 40

Prix :

Annuel de la Société (1898), décerné à M. M. Duplaix (séance du 17 juin) 969

Daniel Dollfus, décerné à M. J. Garçon par la Société industrielle de Mulhouse (séance du 7 janvier). 39

(Diplôme de Grand), obtenu par M. Menier à l'Exposition de Bruxelles (séance du 7 janvier) 39

François Coignet *(triennal 1895-1897)*, décerné à M. Ed. Lippmann, ancien Président de la Société (séance du 17 juin) 970

A. Gottschalk *(triennal)* (Legs de 10 000 francs de M. A. Gottschalk pour la création d'un) (séance du 6 mai) 670

Michel Alcan *(triennal 1895-1897)*, décerné à M. Ch. Fremont (Séance du 17 juin). 969

Et récompenses à décerner en 1898 par la Société d'Encouragement pour l'industrie en Bohême (séance du 4 février) 170

Des Sciences physiques en 1897 *(Grand)*, décerné par l'Académie des Sciences à M. J.-M.-H. Vallot (séance du 4 février) 169

Somzée, de 25 000 francs, décerné à M. J. François (séance du 17 juin) 974

Trémont, décerné à M. Ch. Fremont, par l'Académie des Sciences (séances des 7 janvier et 4 février) . . . . . 39 et 170

Résistance des bateaux à la traction, par M. F. Chaudy et observations de MM. Duroy de Bruignac, E. Pérignon, R. Soreau, G. Parrot (séance du 17 juin). Mémoire . . . . . 977 et 985

Rivière Hoogly *(Amélioration de la)*. Analyse de l'ouvrage de M. L.-F. Vernon Harcourt, par M. C. de Cordemoy (séance du 1er avril). Mémoire . . . . . 601 et 619

Russie *(Les industries minières et métallurgiques dans le sud de la)*, par M. Aumard 350

Séance de M. L. Corthell, membre correspondant de la Société à New-York *(Présence à la)* (séance du 15 avril) 608

Sibérie *(Compte rendu de l'ouvrage de M. de Batz, sur les gisements aurifères en)*, par M. P. Jannettaz, et observations de MM. G. Dumont et J. Garnier (séance du 4 février) 177

Situation financière de la Société *(Compte rendu de la)*, par M. L. de Chasseloup-Laubat, Trésorier (séance du 17 juin) 965

Société Philomathique de Bordeaux *(Présentation à la Société de la publication de la)*, par M. A. Brûll (séance du 7 janvier) 40

Souscription ouverte en vue des fêtes du Cinquantenaire de la Société (séance du 4 mars) 267

Télégrammes échangés par la Société avec les Ingénieurs civils russes (séance du 7 janvier) 39

Tirage dans les navires *(Différents modes de)*, par M. L. de Chasseloup-Laubat, et observations de M. Bertin, directeur du Bureau technique au Ministère de la Marine, et lettre de M. A. Lecomte (séances des 1er et 15 avril), mémoire et errata. . . . . 606, 609, 679 et 914

Traction électrique des tramways par accumulateurs à charge rapide, par M. F.-H. Drouin 1122

Tramways par accumulateurs à charge rapide *(Traction électrique des)*, par M. F.-H. Drouin 1122

Transporteurs aériens. Lettre de M. P. Guéroult (Séance du 6 mai). 761

Transports par câbles aériens et leurs applications à l'agriculture, à l'industrie et aux constructions, par M. Thiéry, professeur à l'École forestière de Nancy et observations de MM. H. Couriot, E. Badois, Kern, L. Rey, O. de Rochefort-Luçay, P. Guéroult (séances des 18 février et 6 mai) . . . . . 186 et 761

Travaux publics à exécuter à l'étranger. Communiqués du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes (séances des 4 mars et 17 juin). . . . . 265 et 975

Vapeur, le pétrole et l'électricité dans les automobiles *(La)*, par M. R. Soreau 1008

Vapeur comme puissance motrice *(Notes et observations sur l'emploi de la)*, par M. A. Lencauchez et observations de MM. A. Mallet, Ch. Compère, F. Barbier, L. Belmère, D. Casalonga (séance du 20 mai). Mémoire . . . . . 774 et 1035

Vitrerie sans mastic *(Nouveau système H. Murat de)*, par M. F. Delmas et observations de M. P. Bonneville (séance du 17 juin) 975

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1898.

Pages.

Aumard (M.). — Les industries minières et métallurgiques dans le Sud de la Russie (bulletin de mars) 350

Bousquet (G. du). — Discours prononcé aux obsèques de M. Ch. Bricogne (bulletin de mars) 378

Bruignac (A. Duroy de). — Remarques sur le problème de la navigation aérienne (bulletin de mars) 313

Cacheux (E.). — Rapport sur le Congrès international des habitations à bon marché, tenu à Bruxelles, en juillet 1897 (bulletin de mars) . . . 291

Chabrier (E.). — Discours prononcé aux obsèques de M. A. Gottschalk, (bulletin de mars) 371

Chasseloup-Laubat (L. de). — Les différents modes de tirage dans les navires. Errata (bulletins d'avril et de mai) . . . . . 679 et 914

Chasseloup-Laubat (L. de). — Les forces navales espagnoles et américaines (bulletin de mai) 817

Chaudy (F.). — Résistance des bateaux à la traction (voir discussion procès-verbal du 17 juin) (bulletin de juin) 985

Chevalier (H.). — Les fortifications de Syou-Ouen (Corée) (bulletin de mars) 304

Compère (Ch.). — Consommation des machines annexes des installations mécaniques (bulletin d'avril) 662

Cordemoy (C. de). — Amélioration de la rivière Hoogly. — Analyse de l'ouvrage de M. L.-E. Vernon-Harcourt (bulletin d'avril) 619

Cordemoy (C. de). — A propos de l'étude de M. Lokhtine, sur le mécanisme du lit fluvial (bulletin d'avril) 621

Drouin (F.). — Traction électrique des tramways par accumulateurs à charge rapide (bulletin de juin) 1122

Ducheene (E.). — Quelques résultats d'essais de chaudières militaires marines (bulletin de janvier). 54

Federman (D.). — Théorie de l'équilibre des systèmes en fer et ciment, tirée du principe du moindre travail d'après M. B.-B. Ferria, Ingénieur à Turin (bulletin de juin) 996

Garnier (P.). — Ressources minérales de la Nouvelle-Zélande (bulletin de février) 192

Jannettaz (P.). — Analyse bibliographique du 2e volume du traité théorique et pratique de métallurgie, par M. C. Schnabel (bulletin de mai). 932

Jouffret (M.). — Note sur les chaudières à émulsion de vapeur (bulletin de janvier). 79

Le Brun (R.). — Note sur quelques phénomènes observés dans les cours d'eau à fond mobile (bulletin d'avril) 636

Lencauchez (A.). — Notes et observations sur l'emploi de la vapeur comme puissance motrice (bulletin de juin) 1035

Le Roy (F.-P.). — Le chauffage électrique (bulletin de février) 214

Lévêque (A.). — Note sur les modifications à apporter aux coques des navires pour limiter les conséquences des naufrages et des collisions (bulletin de janvier) 70

Lippmann (Ed.). — Discours prononcé aux obsèques de M. L. Martin (bulletin de janvier) 109

Lippmann (Ed.). — Réplique aux observations de M. G. Rolland, sur l'origine des eaux artésiennes (bulletin de mai) 804

Loreau (A.). — Discours prononcé aux obsèques de M. A. Gottschalk (bulletin de mars) 365

Mallet (A.). — Bibliographies (bulletins de janvier et avril) . . 133 et 746

Mallet (A.). — Chroniques. . . . . 112, 237, 384, 727, 935 et 1136

Mallet (A.). — Comptes rendus . . . . . 122, 249, 395, 736, 946 et 1156

Mallet (A.). — Analyse des mémoires sur les questions des locomotives, (traduit du russe) (bulletin d'avril) 711

Mallet (A.). — Analyse du traité pratique de la machine locomotive par M. M. Demoulin (bulletin de mai) 915

Metzger. — Discours prononcé aux obsèques de M. A. Gottschalk (bulletin de mars) 373

Orsel. — Discours prononcé aux obsèques de M. A. Gottschalk (bulletin de mars) 377

Picard (A.). — Discours prononcé aux obsèques de M. A. Gottschalk (bulletin de mars) 375

Reymond (F.). — Notice nécrologique et discours prononcé aux obsèques de M. A. Gottschalk (bulletin de mars) . . . . . 355 et 368

Rolland (G.). — A propos de l'alimentation des eaux artésiennes de l'Oued-Rir' et du Bas-Sahara algérien (bulletin de mai) 784

Soreau (R.). — Réponse aux remarques sur le problème de la navigation aérienne (bulletin de mars) 332

Soreau (R.). — Paroles prononcées aux obsèques de M. E. Baril (bulletin de mars) 383

Soreau (R.). — La vapeur, le pétrole et l'électricité dans les automobiles (bulletin de juin) 1008

Trélat (E.). — Discours prononcé aux obsèques de M. A. Gottschalk (bulletin de mars) 372

Vauthier (L.-L.). — Brèves observations sur l'étude de M. Lokhtine, « La mécanique du lit fluvial » (bulletin d'avril) 648

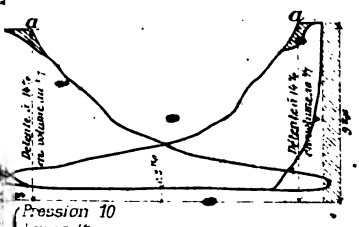
Le Gérant, Secrétaire administratif,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14982-6-98. — (Encre Lorilleux).

Fig. 13 à 24. Locomotive 2159 de l'Etat Belge, Type 12, ess à voyageurs avec distribution Durant et Lencauchez

ig. 4. Coupe cd

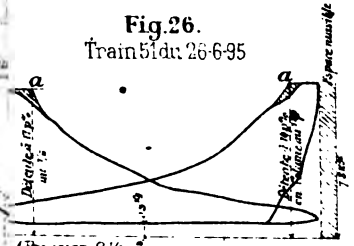
Fig. 25.



Pression 10
Levier 1/4
Modérateur ouvert complètement
Vitesse 92 Kilom à l'heure

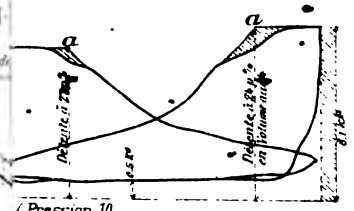
Fig. 26.

Train 51 du 26-6-95



Pression 9 1/2
Levier 1/4 cran
Moderateur ouvert complètement
Vitesse 85 Kilom à l'heure

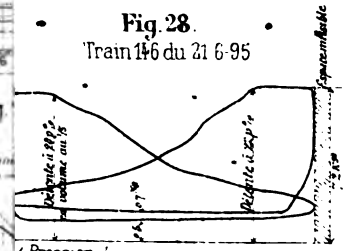
Fig. 27



Pression 10
Levier 1 cran
Moderateur ouvert complètement
Vitesse 90 Kilom à l'heure

Fig. 28.

Train 146 du 21-6-95



Pression 10
Levier 1 cran
Moderateur ouvert complètement
Vitesse 80 Kilom. à l'heure

3. La valeur de l'espace nuisible est

de 5% en volume

Surface à deduire due au laminage.

Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Fig. 4.

Fig. 13 à 24. L[…] Locomotive 2159 de l'Etat Belge, Type 12, […]ess à voyageurs avec distribution Durant et Lencauchez

Fig. 4. Coupe cd

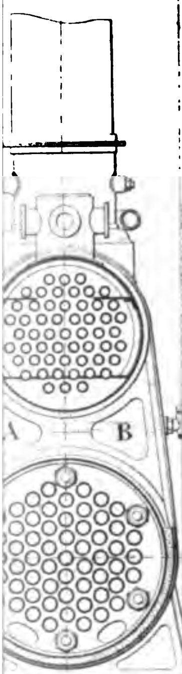


Fig.

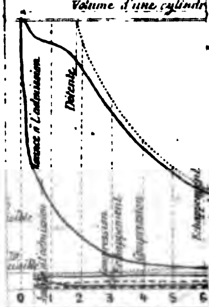


Fig.

Fig.

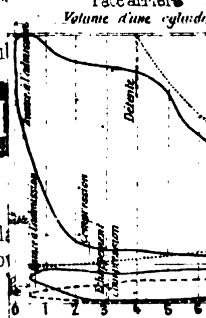
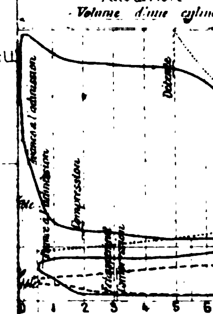


Fig.



[…]oises des plaques tul[…]

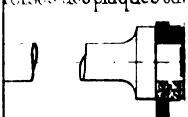


Fig. 6. Assembl[…] des viroles du fo[…]

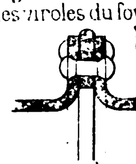


Fig. 7. […]n plan du déjecteu[…]

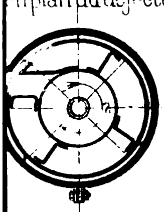
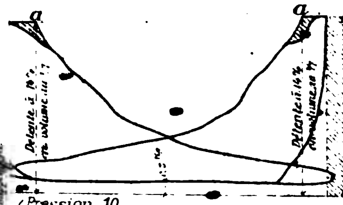
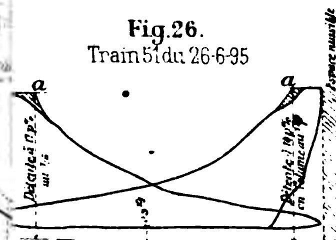


Fig. 25.



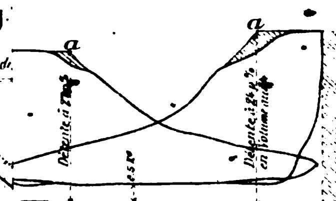
Pression 10
Levier 4
Modérateur ouvert complètement
Vitesse 92 Kilom. à l'heure

Fig. 26.
Train 51 du 26-6-95



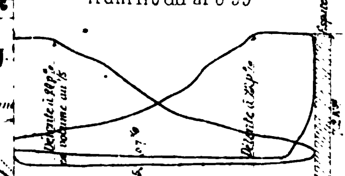
Pression 9 ½
Levier ½ cran
Modérateur ouvert complètement
Vitesse 95 Kilom à l'heure

Fig. 27



Pression 10
Levier 1 cran
Modérateur ouvert complètement
Vitesse 90 Kilom à l'heure

Fig. 28.
Train 146 du 21-6-95



Pression 10
Levier 1 cran
Modérateur ouvert complètement
Vitesse 80 Kilom à l'heure

[…]. La valeur de l'espace nuisible est de 5% en volume

Surface à déduire due au laminage.

[I]mp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.